

# Životné prostredie

Revue pre teóriu a starostlivosť o životné prostredie

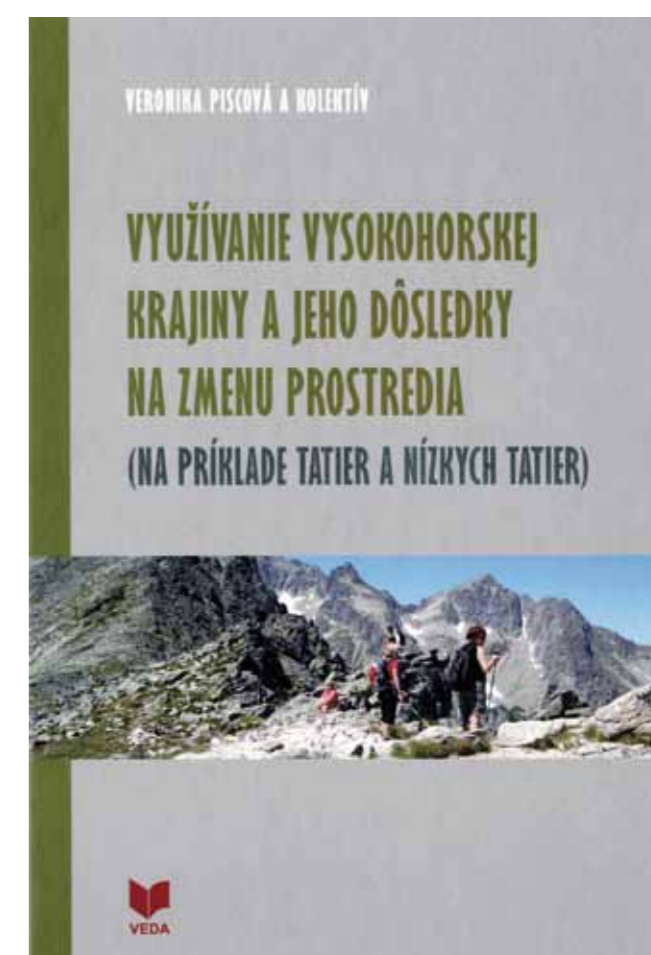
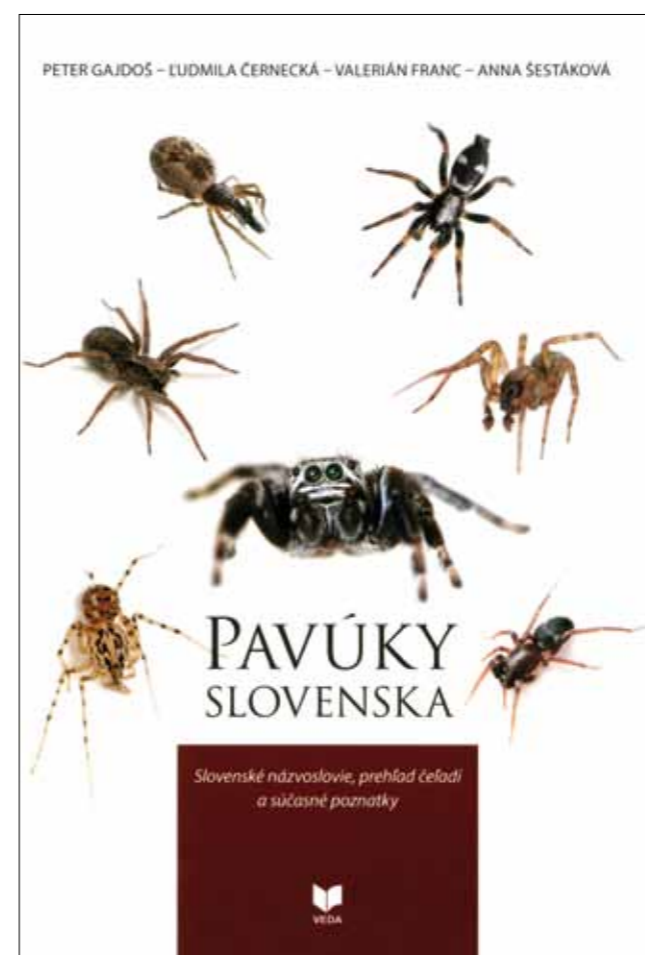


**Životné prostredie**  
vydáva Ústav krajinnej ekológie SAV  
ISSN 0044-4863  
ISSN 2585-7800 (online)  
EV 3187/09





Moderné technológie recyklácie odpadov z elektrických a elektronických zariadení umožňujú získavať cenné kovy a plasty na opätovné použitie (Electro Ryckling, spol. s r. o., Příboj, Slovenská Lupča, 2017). Foto: Emília Hroncová



Obálky monografií *Pavúky Slovenska*. *Slovenské názvoslovie, prehľad čeladi a súčasné poznatky* (vľavo) a *Využívanie vysokohorskej krajiny a jeho dôsledky na zmenu prostredia (na príklade Tatier a Nízkych Tatier)*



# Životné prostredie

REVUE PRE TEÓRIU A STAROSTLIVOSŤ O ŽIVOTNÉ PROSTREDIE

ROČNÍK 52

3/2018

## Environmentálne technológie

Masové zavádzanie strojov do výroby od tretej štvrtiny 18. storočia vyvolalo priemyselnú revolúciu, ktorá najvýznamnejším spôsobom zmenila ľudskú civilizáciu. Vstup pásovej výroby znamenal druhú priemyselnú revolúciu. Vývoj nových technológií a automatizácia a robotizácia technológií od druhej polovice minulého storočia spôsobili tretiu priemyselnú revolúciu, a v súčasnosti už prebieha štvrtá, ktorá sa spája s termínom *Industry 4.0*. Ide o digitalizáciu a integráciu všetkých zariadení vo výrobnom podniku, vzájomnú, väčšinou bezobslužnú komunikáciu a poskytovanie inteligentnej podpory pracovníkom, pričom od digitalizácie sa očakáva vysoký nárast flexibility, efektívnosti a produktivity. Každá priemyselná revolúcia doteraz znamenala stále väčšiu spotrebu surovín a energie, ako aj produkciu stále väčšieho množstva plyných, kvapalných a tuhých odpadov. Právom sa obávame, či je takýto vývoj ľudskej spoločnosti udržateľný. Snaha vyvíjať nové technológie, ktoré budú vyžadovať menej surovín a energie, predovšetkým z neobnoviteľných surovín a neobnoviteľných zdrojov energie, budú zavádzať do výrobných cyklov stále väčší podiel odpadov, pričom budú mať menší negatívny dopad na zdravie človeka a životné prostredie, je pochopiteľná. Technológie s takými atribútmi možno nazvať environmentálne technológie.

Európska komisia v roku 2002 definovala pojem environmentálne technológie veľmi široko (*Environmental Technology for Sustainable Development*; <http://europa.eu.int/scadplus/leg/en>) asi preto, že zmysel týchto technológií je dôležitejší ako vyčerpávajúci pojem. Najdôležitejšie je, aby sa ich používaním znížil negatívny dopad na životné prostredie. Udržateľný vývoj výrob a spotrieb energie je jadrom environmentálnych technológií. Diskutuje sa, akým spôsobom sa majú tieto environmentálne technológie vyvíjať. Je to možné len a len aplikáciou environmentálnych vied a environmentálneho monitoringu v technických a prírodných vedách, v príslušnom vývoji, projektovaní a realizácii nových technológií.

V tomto čísle nájdeme zaujímavé príspevky na zvýšenie záujmu o to, ako pristupovať k environmentálnym technológiám, inováciám a aplikovanému výskumu. V detailných analýzach sa environmentálne technológie v každom výrobnom odvetví vyznačujú neobyčajnou variabilitou, takže podať ich vyčerpávajúcu charakteristiku nie je možné v jednom čísle časopisu. Čitateľ nájde zaujímavé pohľady na environmentálne/ekologické inovácie na Slovensku, verifikáciu environmentálnych technológií či čistejšiu produkciu. Zaujímavý je pohľad na nanomateriály, ktoré by sa mohli využívať v environmentálnych technológiách. Príkladom zložitosti environmentálnych technológií z vybraných priemyselných oblastí je hutníctvo. Hutníctvo kovov je jedným z najvýznamnejších zdrojov znečisťovania ovzdušia a negatívnych impaktov na životné prostredie vôbec. Preto úvahy o environmentálnych technológiách majú v tejto oblasti veľký význam.

Juraj Ladomerský

## Obsah

T. Jeck: Ekologické inovácie na Slovensku: stav, vývoj a politiky.....	131
M. Richter: Čistší produkce – cesta k trvale udržiteľnému kvalitatívnemu rozvoju.....	140
J. Študent: Environmental Technology Verification – nevyužitý potenciál v podpore inovácií a aplikovaného výskumu?.....	148
J. Legemza, A. Miškufová, T. Havlík: Environmentálne technológie v hutníctve železa a ocele.....	152
J. Porubská, R. Mariychuk: Nanomateriály a ich využitie v environmentálnych technológiách.....	164

## Kontakty

P. Kubíček, M. Vinš, V. Klupák, R. Přasličák, J. Drápala: Sledování proudění poléťavého prachu v ovzduší od zdrojů v průmyslové aglomeraci pomocí markerů.....	175
D. Hutárová: Program obnovy dědiny jako jeden z ekonomických nástrojů na podporu zachování historických krajinných struktur a historických struktur poľnohospodárskej krajiny.....	178

## Aktuality

P. Nováček: Padesát let od založení Římského klubu.....	182
M. Finka, V. Ondřejčka, M. Kozová: Európska strategická výskumná agenda projektu INSPIRATION.....	184

## Recenzie

E. Komlossyová: Hľadanie spoločných štruktúrálnych príčin environmentálnych a sociálnych problémov sveta.....	188
I. Kozelová: Aktuálne možnosti analýzy, modelovania, hodnotenia a priestorovej kvantifikácie potenciálu agroekosystémových služieb....	190
Redakcia: Dve krajinoekologické monografie z Vedy, vydavateľstva SAV, v roku 2018.....	191

# The Environment

REVUE FOR THEORY AND CARE OF THE ENVIRONMENT

VOLUME 52

3/2018

## Contents

<b>T. Jeck:</b> Ecological Innovation on Slovakia: Current State, Development and Policy.....	131
<b>M. Richter:</b> Cleaner Production – Way to Sustainable Qualitative Development of the World.....	140
<b>Študent, J.:</b> Environmental Technology Verification – Untapped Potential in Promoting Innovation and Applied Research?.....	148
<b>J. Legemza, A. Miškuřová, T. Havlík:</b> Environmental Technologies in the Iron and Steel Industry.....	152
<b>J. Porubská, R. Mariychuk:</b> Nanomaterials and their Application in Environmental Technology.....	164

## Contacts

<b>P. Kubiček, M. Vinš, V. Klupák, R. Pšasličák, J. Drápala:</b> Monitoring Airborne Dust Flow in Air from Industrial Agglomeration Sources Using Markers.....	175
<b>D. Hutárová:</b> Village Restoration Programme as One of the Economic Tools to Support Conservation of Historic Landscape Structures and Historical Structures of the Agricultural Landscape.....	178

## News

<b>P. Nováček:</b> Fifty Years since the Establishment of the Roman Club.....	182
<b>M. Finka, V. Ondrejčka, M. Kozová:</b> European Strategic Research Agenda for INSPIRATION Project.....	184

## Reviews

<b>E. Komlossyová:</b> Finding Common Structural Causes of the Environmental and Social Problems of the World.....	188
<b>I. Kozelová:</b> Current Possibilities of Analysis, Modelling, Evaluation and Spatial Quantification of Agroecosystem Services Potential.....	190
<b>Editors:</b> Two Landscape Ecological Monographs from Veda, Publisher of SAS, in 2018.....	191

## Environmental Technology

The mass introduction of machinery in production since the third quarter of the 18th century triggered an industrial revolution which transformed human civilisation in the most significant way. Strip production was the second industrial revolution, and the development of later technology with automation and robotics in the second half of the last century brought the third industrial revolution. Now there is a fourth revolution referred to as *Industry 4.0*. It involves digitisation and integration of all facilities in manufacturing enterprises with mutual and mostly unattended communications, and it provides smart support to workers, with the expectation of great increase in flexibility, efficiency and productivity. Each industrial revolution has led to increased consumption of raw materials and energy and also the production of more and more gaseous, liquid and solid waste. We are right to fear if such developments are sustainable for our human society, and it is therefore understandable that there are concentrated efforts to develop new technology which requires less raw materials and energy, especially from non-renewable raw materials and energy sources. This must also decrease the amount of waste in production cycles so that there is less negative impact on the environment and human health. Technology with these attributes can be called Environmental Technology. The European Commission defined the concept of Environmental Technology very broadly in 2002 because the meaning of this technology is more important than just an exhaustive concept (<http://europa.eu.int/scadplus/leg/en>). The most important results will be that this technology reduces the negative impact on the environment, and that sustainable development in energy production and consumption becomes the core aim of environmental technology. It is also discussed how this technology should evolve; and it concluded that this is only possible by applying environmental science, and monitoring the technical and natural sciences for relevant development, design and implementation of this new technology.

Although environmental technology has too much individual industrial variability to be able to cover its exhaustive characteristics in a single journal issue, this edition provides contributions that will improve scientific approaches in environmental technology, innovation and applied research. The reader will find interesting views on environmental/ecological innovations in Slovakia, verification of environmental technology and cleaner production. Finally, this issue also explores new nanomaterials which can be successfully implemented in environmental technology. An example of the complexity of environmental technology in selected industrial areas is metallurgy. Metal metallurgy is one of the worst sources of air pollution and negative impacts on the environment. Therefore, consideration and monitoring of environmental technology is of the utmost importance.

Juraj Ladomerský

# Ekologické inovácie na Slovensku: stav, vývoj a politiky

Jeck, T.: Ecological Innovation on Slovakia: Current State, Development and Policy. *Životné prostredie*, 2018, 52, 3, p. 131 – 139.

*This article identifies the key aspects and the position of ecological innovations in the economy and the economic policy system in Slovakia. The ambition is not to provide an exhaustive picture but to identify and descriptively analyse the key contexts, frameworks and actors. In the first part, we briefly deal with theoretical issues of eco-innovation and in the second part we select indicators which explain the state of the environment in both Slovakia and the European Union (EU). These are the contextual factors which determine the development of eco-innovation. The third part of this research is based on standard metrics, whereby we analyse the state and development of eco-innovation in Slovakia. Here, we concentrate, in particular, on eco-innovation oriented R&D expenditure and patents, and the final part of the paper is devoted to current aspects of EU eco-innovation policy and the intended objectives and tools for eco-innovation policy in Slovakia.*

*Key words: environment, innovation, economic policy, research and development, EU funding, strategic priorities*

Udržateľnosť životného prostredia, odstraňovanie a predchádzanie negatívnym vplyvom ekonomických činností na jeho jednotlivé zložky sa stáva nevyhnutnou súčasťou každej hospodárskej politiky, ako aj faktorom, ktorý dlhodobo významne ovplyvňuje konkurencieschopnosť jednotlivých ekonomík. Obavy o stav životného prostredia sa premietajú aj do obsahového zamerania vedecko-technických a inovačných politík, v ktorých ekologické inovácie nadobúdajú čoraz dôležitejšie postavenie. Cieľom článku je identifikovať kľúčové aspekty postavenia ekologických inovácií v rámci ekonomického a hospodársko-politického systému na Slovensku. Ambíciou príspevku nie je poskytnúť vyčerpávajúci obraz, ale identifikovať a deskriptívne analyzovať kľúčové súvislosti, rámce a aktérov.

## Ekologické inovácie v ekonomickej teórii

Ekologické inovácie ako teoretický koncept začínajú prenikať do spoločenskovedného výskumu na začiatku prvej dekády 21. storočia. Arundel, Kemp (2009) definujú ekologické inovácie ako produkciu, aplikáciu alebo využívanie tovarov, služieb, výrobných procesov, organizačných štruktúr, manažérskych alebo podnikateľských modelov, ktoré sú nové pre firmu alebo užívateľov a ktorých výsledky smerujú k zníženiu environmentálnych rizík, znečistenia a negatívnych dopadov využívania zdrojov v porovnaní s existujúcimi alternatívami. Z mnohých definícií ekologických inovácií, ktoré ponúka teoretická literatúra, spomenieme ešte definíciu Európskej komisie, podľa ktorej je to každá forma inovácie, ktorá má za následok alebo sa usiluje o výrazný a preukázateľný pokrok smerom k cieľu udržateľného

rozvoja znížením dopadov na životné prostredie, posilnením odolnosti voči ekologickým tlakom alebo k účinnejšiemu a zodpovednejšiemu využívaniu prírodných zdrojov (EC, 2011).

Vytváranie a difúzia ekologických inovácií sa realizuje prostredníctvom dvoch základných foriem, môžu byť vyvolané politikami (*policy-driven*) alebo vyvolané trhom (*market-driven*). V mnohých prípadoch ekologické inovácie indukujú hospodárske politiky. Hospodársko-politické authority prostredníctvom prijímania konkrétnych legislatívnych opatrení (technických štandardov, limitov alebo environmentálnych daní) vplyvajú na pro-inovačné správanie podnikov ako kľúčových aktérov. Druhý prístup – *market-driven* – je založený na myšlienke, že lepší environmentálny prístup v podnikaní a ekologické inovácie zlepšujú podnikovú konkurencieschopnosť (Ambec, Lanoie, 2008).

Andersen (2008) rozlišuje niekoľko kategórií ekologických inovácií. Najrozšírenejšiu skupinu tvoria tzv. doplnkové ekologické inovácie, ktoré majú limitovaný systémový dopad a dodatočne sa pridávajú k existujúcim produkčným alebo spotrebným modelom a zlepšujú environmentálnu výkonnosť zákazníkov. Integrované ekologické inovácie (vo forme čistejších technologických procesov alebo produktov) prispievajú k zmene výrobných a spotrebných procesov v podnikoch (ide napr. o energetickú efektívnosť, efektívnosť zdrojov, recykláciu alebo náhradu použitia toxických materiálov). Na nových teóriách, vybavení alebo postupoch sa zakladajú alternatívne produktové ekologické inovácie (vychádzajú z radikálnej technologickej diskontinuity, ako napr. využívanie obnoviteľných zdrojov energií alebo biopoľnohospodárstvo). Podobu nových organizačných

Tab. 1. Niektoré indikátory súvisiace so životným prostredím na Slovensku a vo vybraných krajinách EÚ

Vybrané indikátory	Rok	EÚ 28	Slovensko	SK/EÚ 28 (%)	Česko	Dánsko	Maďarsko	Poľsko	Fínsko	Švédsko
Príjmy z environmentálnych daní (% všetkých daňových príjmov a sociálnych príspevkov)	2016	6,29	5,61	89	6,07	8,59	7,01	8,14	7,05	5,05
Ekvivalent CO <sub>2</sub> (tony na 1 obyvateľa)	2015	8,7	7,6	87	12,2	9	6,3	10,2	10,5	5,7
Expozícia PM <sub>2,5</sub> (priemer populácie; mikrogramov na 1 m <sup>3</sup> )	2015	14,45	22,54	158	20,25	10,62	22,44	23,45	6,02	6,98
Produktivita zdrojov a domáca spotreba materiálov (eur na 1 kg; v parite kúpnej sily)	2015	2,15	1,76	82	1,59	1,64	1,55	1,19	1,04	1,60
Materiálová produktivita – bez energetických materiálov (HDP na jednotku domácej materiálovej spotreby; USD na 1 kg)	2015	2,83	2,55	78	2,91	2,71	2,42	1,84	1,40	2,04
Podiel energie z obnoviteľných zdrojov energie na hrubej konečnej spotrebe energie	2016	17	12	71	14,9	32,2	14,2	11,3	38,7	53,8
Verejné výdavky na ochranu životného prostredia (% HDP)	2016	0,8	0,7	88	0,7	0,4	0,5	0,4	0,2	0,3
Miera skládkovania odpadu, okrem horninového odpadu (%)	2014	25	52	208	22	4	46	26	17	9
Miera recyklácie komunálneho odpadu (%)	2016	45,8	23	50	33,6	47,7	34,7	44	42	48,9

Zdroj: Eurostat (<http://ec.europa.eu/eurostat/data/browse-statistics-by-theme>, 2018); OECD (<http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=STAN08BIS>, 2018)

štruktúr majú makro-organizačné ekologické inovácie (napr. nový spôsob mestského plánovania). Poslednou kategóriou sú ekologické inovácie, ktoré majú všeobecný účel, sú odvodené od použitia informačných a komunikačných technológií, biotechnológií a nanotechnológií.

Rýchlosť a rozsah degradácie kvality životného prostredia vyvolali zvýšenú nutnosť intenzívnejšieho zapojenia regulačnej funkcie štátu. Existuje niekoľko spôsobov, ktorými štát (alebo nadnárodná entita) vytvára pozitívne alebo negatívne podnety pre ekoinovačné správanie podnikov a spotrebiteľov ako kľúčových nositeľov zmien. Podľa Foster et al. (2006) regulátor môže vytvárať bariéry na využívanie nežiaducich technológií alebo produktov (napr. obsah určitých látok používaných vo výrobe alebo spotrebe, obmedzovanie technologických procesov a pod.). Druhým spôsobom je stanovenie konkrétnych kvalitatívnych parametrov produktov (napr. požadovaná minimálna výška recyklovanej zložky v produkte). Tretím spôsobom je vytváranie nových trhov na inovácie (napr. regulačné opatrenia v oblasti obmedzovania produkcie emisií, podpora budovania alternatívnych dopravných systémov alebo v súčasnosti rozšírená podpora obnoviteľných zdrojov energií atď.). Nakoniec sú to regulačné opatrenia, ktoré vyžadujú substitúciu existujúceho výrobku za environmentálne vhodnú alternatívu.

### Niektoré širšie súvislosti ekologických inovácií na Slovensku

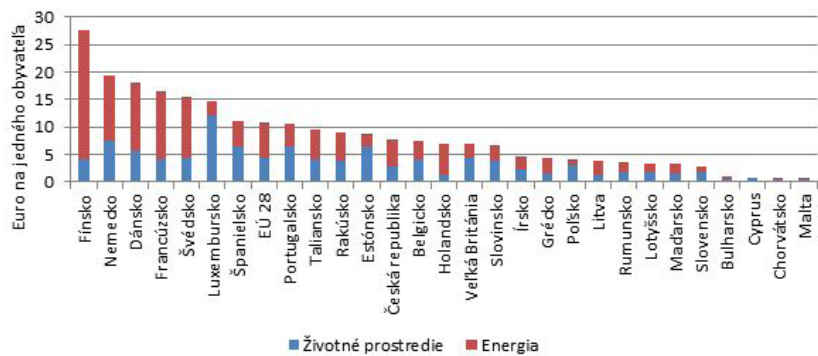
Inovácie sú výsledkom pôsobenia celého komplexu faktorov. V prípade ekologických inovácií za hlavné (ale nie jediné) rámcujúce faktory môžeme považovať energetickú a materiálovú náročnosť ekonomiky, odpadové hospodárstvo, daňové a výdavkové nástroje fiškálnej politiky. V tab. 1 uvádzame vybrané indikátory kontextu životného prostredia a ekonomiky (resp. hospodárskej politiky) Slovenska v porovnaní s úrovňou priemeru EÚ, ostatnými ekonomikami krajín Vyšehradskej štvorky (V4), ako aj Fínska a Švédska ako krajinami s pokročilým inovačným systémom a inovačnou výkonnosťou. Environmentálne dane sú nepriamym nástrojom ochrany životného prostredia, ktoré sa uplatňujú predovšetkým pri spotrebe fosílnych palív (výrobe energie alebo doprave). Vytvárajú tak tlak na investovanie do nových a ekologickejších technológií najmä v prípade producentov energií. Environmentálne dane na Slovensku dosiahli v roku 2016 podiel vo výške 89 % úrovne priemeru EÚ (vyjadrené ako % celkových daňových príjmov a sociálnych príspevkov), je teda istý priestor na „sprísnenie“ environmentálnych daní ako regulačného faktora inovačného správania podnikov. Ďalším ukazovateľom sú emisie CO<sub>2</sub> (v tonách na 1 obyvateľa), ktoré indikujú príspevok národnej ekonomiky ku klimatickej zmene. V tomto ohľade môžeme Sloven-

sko hodnotiť pozitívne. Ekvivalent  $CO_2$  na 1 obyvateľa dosiahol v roku 2015 podiel vo výške 87 % úrovne priemeru EÚ. Stav kvality ovzdušia indikuje taktiež expozícia prachovým časticami  $PM_{2,5}$ , tá bola na Slovensku v roku 2015 u priemernej populácie takmer 1,6-násobne vyššia ako v prípade priemeru EÚ.

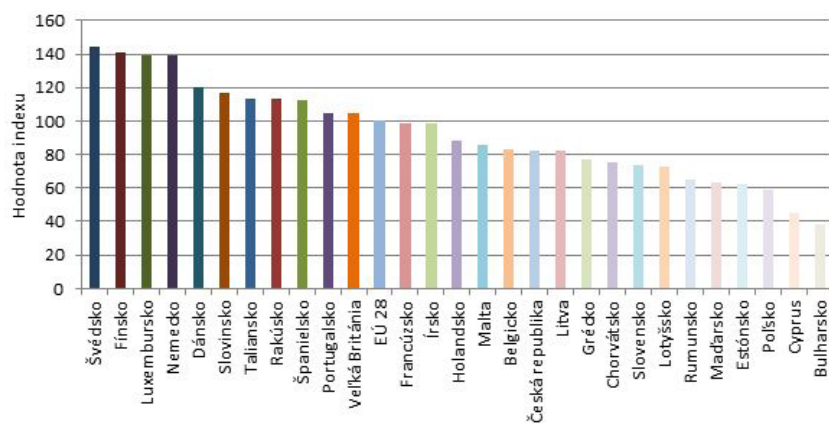
Produktivita zdrojov a domáca spotreba materiálov indikuje efektívnosť využívania materiálov v národnej ekonomike. Domáca spotreba materiálov pozostáva z domácich zdrojov (napr. z ťažby), dovozu a je znížená o vývoz materiálov. Tvoria ju spotreba kovov, nekovov, biomasy a energetických surovín. Na Slovensku bola jednotková efektivita domácich zdrojov v roku 2015 vo výške 1,76 eura/1 kg, čo je len 82 % z úrovne EÚ. Zaostávanie v efektívnosti v domácej materiálnej spotrebe za priemerom EÚ môže vytvárať pozitívny tlak na ekoinovatívne riešenia predovšetkým v podnikoch spracovateľského priemyslu, ktorý je na Slovensku významne zastúpený a ktorý ma na spotrebe materiálov rozhodujúci podiel. Materiálová produktivita dosiahla na Slovensku v roku 2015 úroveň 2,55 HDP (v USD) na jeden kg domácej materiálnej spotreby bez energetických materiálov. V porovnaní s EÚ je to 78 % jej priemernej úrovne. Pomerne rozšírenou ekologickou inováciou sa stali obnoviteľné zdroje energií. V ich využívaní však slovenská ekonomika ešte stále zaostáva. S 12 % podielom energií z obnoviteľných zdrojov energie na hrubej konečnej spotrebe energie v roku 2016 dosahujeme ani nie 3/4 podielu úrovne EÚ.

Postavenie národných hospodárskych politík vo vzťahu k životnému prostrediu, ako aj miery priamych finančných intervencií indikuje výška verejných výdavkov na ochranu životného prostredia. Tie boli na Slovensku v roku 2016 vo výške 0,7 % HDP, čo bolo 88 % úrovne EÚ. Aj keď v roku 2015 dosiahli až 1 % HDP, v porovnaní s referenčnými krajinami môžeme postavenie Slovenska označiť v tomto smere stále za

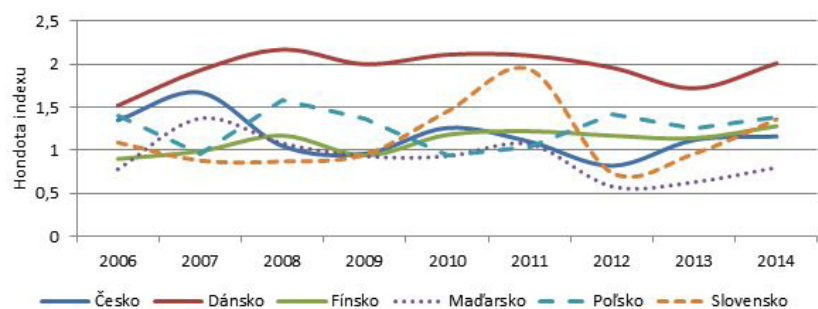
dobré. Výdavky na ochranu životného prostredia sa na Slovensku koncentrujú hlavne do oblasti manažmentu odpadových vôd a zásobovania pitnou vodou (43 % podiel výdavkov), ďalej do protipovodňových opatrení (12 %), odpadového hospodárstva (15 %). Prevádzkové náklady, informatizácia, environmentálna výchova,



Obr. 1. Ekoinovatívny index 2017 (% úrovne EÚ). Zdroj: Giljum et al. (2018a)



Obr. 2. Verejné rozpočtové prostriedky alebo výdavky na výskum a vývoj do oblasti životného prostredia a energií v EÚ 28 – priemer 2008 – 2016 (v eurách na jedného obyvateľa v stálych cenách a parite kúpnej sily). Zdroj: Eurostat (<http://ec.europa.eu/eurostat/data/browse-statistics-by-theme>, 2018)



Obr. 3. Relatívna konkurenčná výhoda environmentálnych patentov Slovenska a vybraných krajín voči svetu za roky 2006 – 2014. Zdroj: OECD (<http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=STAN08BIS>, 2018)

kultúrne služby a iné tvoria 13 % a výdavky na ochranu prírody a krajiny 4,2 %. Kapitálové verejné výdavky na ochranu životného prostredia a ich výška môžu byť jedným z kľúčových faktorov, ktoré spoluvytvárajú dopyt po ekologických inováciách vo verejnom sektore. Negatívom na Slovensku je vysoká miera skládkovania odpadu (okrem horninového), ktorá bola v roku 2014 (najnovší dostupný údaj) vo výške až 52 %. V tomto smere presahujeme viac ako dvakrát priemernú hodnotu EÚ a zaostávame i za referenčnými krajinami. S relatívne vysokou mierou skládkovania odpadu súvisí nízka miera recyklácie komunálneho odpadu, ktorá je na Slovensku 23 % a v porovnaní s EÚ dosahuje len polovičnú úroveň. Oblasť recyklácie a spracovanie odpadov predstavujú potenciálne veľký trh na dopyt po ekoinovačných riešeniach.

### Hodnotenie a meranie ekologických inovácií

Vzhľadom na to, že v politikách EÚ zohrávajú ekologické inovácie rastúcu úlohu, vytvorila Európska komisia tzv. *EU Eco-Innovation Scoreboard*, na základe ktorého kvantifikuje *eco-innovation index*, ktorý hodnotí ekoinovačnú výkonnosť členských štátov. Ide o syntetický index, zložený zo šestnástich indikátorov, ktoré pokrývajú ekoinovačné vstupy, aktivity, výstupy a ekonomické a environmentálne výsledky (Giljum et al., 2018b). Slovensko sa podľa najnovšieho vydania *EU Eco-Innovation Scoreboard 2017* nachádza v skupine krajín s najnižšou ekoinovačnou výkonnosťou (obr. 1), ktoré sa označujú ako dobiehajúce krajiny. Slovenská ekonomika dosahuje len 74 % priemeru ekoinovačnej výkonnosti priemeru krajín EÚ. Pozitívom je vzostupný trend, pretože Slovensko sa v priebehu piatich rokov dostalo z úrovne 42 % (v roku 2013).

### Výdavky na výskum a vývoj

Existuje viacero zdrojov inovovania, napr. Arundel et al. (2008) uvádzajú: (1) výskum a vývoj (VaV), (2) osvojenie novej technológie (*technology adoption*) napr. formou kúpy nových strojov a zariadení, (3) malé modifikácie a inkrementálne zmeny, (4) imitácie a (5) reverzný inžiniering, kombinovanie existujúcich znalostí novým spôsobom. Pre vyspelé ekonomiky je však kľúčovým zdrojom inovácií VaV. Štandardným indikátorom, ktorý meria úroveň národného VaV, sú hrubé výdavky na VaV. Finančné zdroje, ktoré vynakladá štát – verejné rozpočtové prostriedky alebo výdavky na VaV (*Government Budget Appropriations or Outlays on Research and Development* – GBAORD) – možno sledovať aj podľa sociálno-ekonomických cieľov, na ktoré sú určené. Na potreby analýzy ekologických inovácií sa berie do úvahy len tá zložka výdavkov, ktoré sa vynakladajú na životné prostredie a oblasť energií. Na Slovensku dlhodobo evidujeme nízku mieru výdavkov na oblasť

životného prostredia a energií (obr. 2). V relatívnom vyjadrení na jedného obyvateľa (priemer rokov 2008 až 2016 v stálych cenách a parite kúpnej sily) patrí slovenská ekonomika v tomto smere medzi krajiny s najnižšou výškou. Dosahujeme len štvrtinovú úroveň priemeru EÚ a 10 % úroveň najlepšej krajiny – Fínska.

Ak by sme sa pozreli detailnejšie na GBAORD v roku 2016 a ich štruktúru, tak v rámci slovenského VaV išlo v roku 2016 len 5,4 mil. eur do životného prostredia a 2,1 mil. eur do energií. Príčin nízkeho financovania rozvoja ekologických inovácií je niekoľko. Ako kľúčový faktor môžeme jednoznačne uviesť nízku mieru financovania celkového VaV alebo nízky podiel podnikových investícií do VaV. Intenzita celkových hrubých výdavkov na VaV (meraná ako % z HDP) sa na Slovensku dlhodobo nachádza pod úrovňou EÚ (priemer za roky 2011 – 2016: Slovensko 0,89 % HDP; EÚ 2,01 % HDP).

### Ekologické patenty

Ako ďalší indikátor inovačnej výkonnosti sa obyčajne využívajú patenty alebo patentové prihlášky. Výhodnou patentovej štatistiky je možnosť hlbšej dezagregácie podľa jednotlivých druhov technológií alebo technologických domén, na ktoré sa patenty vzťahujú. Slabou stránkou slovenského výskumného systému je všeobecne nízka patentová úroveň, ktorá sa odzrkadľuje aj na nízkej úrovni patentovania environmentálnych technológií. Napríklad v roku 2014 (najnovšie dostupné dáta) dosiahla úroveň patentov podľa štatistík OECD na Slovensku hodnotu cca 290 patentov, z toho cca 30 patentov patrí do kategórie environmentálnych technológií (tab. 2). Najvyšší počet dosahuje Slovensko v oblasti technológií na zmiernenie zmeny klímy (*Climate Change Mitigation*; technológie na zmiernenie zmeny klímy (1) pri výrobe alebo spracovaní tovarov, (2) týkajúce sa výroby, prenosu alebo distribúcie energie, (3) na zachytenie, skladovanie, sekvestrácia alebo zneškodňovanie skleníkových plynov, (4) týkajúce sa dopravy, (5) týkajúce sa budov, (6) týkajúce sa čistenia odpadových vôd alebo odpadového hospodárstva).

Čo sa týka národnej produktivity environmentálnych patentov (t. j. počtu environmentálnych patentov na 1 mil. obyvateľov), je na tom slovenská ekonomika s hodnotou 2,2 patentu na 1 mil. obyvateľov na porovnateľnej úrovni ako ostatné krajiny V4. Avšak odstup od priemeru OECD alebo inovačne vyspelých krajín (Fínsko, Švédsko) je markantný (tab. 3).

Okrem celkovej patentovej produkcie a patentovej produkcie na 1 mil. obyvateľov má taktiež zmysel uvažovať aj o tom, ako je národný systém VaV špecializovaný na environmentálne technológie. O špecializácii (teda relatívnom postavení environmentálnych patentov v rámci celkovej národnej patentovej produkcie) hovorí tzv. relatívna konkurenčná výhoda národných environmentálnych patentov voči svetu (obr. 3).



Tab. 2. Počet patentov environmentálnych technológií na Slovensku v rokoch 2005 – 2014

Environmentálne technológie	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Všetky technológie	178,68	227,18	244,91	200,57	195,36	258,41	267,41	239,09	262,04	289,75
z toho										
Environmentálny manažment	8,83	16,33	15,5	5,23	21,33	20	21,33	20,17	12,5	8
Technológie adaptácie súvisiace s vodou	0	0	1	0	2	0	0	1,33	1,5	1,5
Zmierňovanie zmeny klímy	12	21,98	20,25	10,92	11,17	18,28	33,73	14,33	21,58	20,58

Zdroj: OECD (<http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=STAN08BIS>, 2018)

Tab. 3. Počet environmentálnych patentov na 1 mil. obyvateľov v rokoch 2006 – 2014

Vybrané krajiny	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Česko	2,6	4,3	3,0	3,1	4,1	4,2	3,4	4,1	3,7
Dánsko	33,2	52,8	67,1	64,5	75,1	82,6	70,0	53,0	47,8
Fínsko	26,8	29,9	37,3	32,2	45,0	52,5	53,4	42,9	34,6
Maďarsko	1,6	3,5	2,7	2,7	3,0	3,8	1,9	1,7	1,9
Poľsko	0,6	0,7	1,3	1,4	1,3	1,6	2,7	2,0	2,1
Slovensko	1,3	1,1	1,1	1,1	2,5	4,1	1,3	2,0	2,2
OECD	16,7	17,9	18,8	20,8	23,2	24,2	23,6	22,1	18,9

Zdroj: OECD (<http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=STAN08BIS>, 2018)

V prípade, ak je hodnota indexu vyššia ako 1, môžeme hovoriť o národnej špecializácii na environmentálne technológie (krajina má vyšší podiel environmentálnych patentov na celkových národných patentoch ako je podiel svetových environmentálnych patentov na celkových svetových patentoch). Relatívna konkurenčná výhoda environmentálnych patentov Slovenska v rokoch 2006 až 2014 osciluje okolo hodnoty 1, nemôžeme teda hovoriť o stabilnej špecializácii slovenskej ekonomiky na environmentálne technológie. Zmeny v relatívnej konkurenčnej výhode možno skôr pripísať celkovej nízkej patentovej aktivite (malé zmeny v jej štruktúre sa prejavujú výraznejšími zmenami indexu) než nejakým zámerným zmenám napr. vo VaV alebo inovačných politikách.

### Ekologické inovácie v politikách Európskej únie

Na nadnárodnej úrovni obsahuje riešenie environmentálnych výziev prostredníctvom nových technológií viacero strategických dokumentov, napr. *Stratégia Európa 2020* alebo stratégiu OSN *Agenda 2030 pre udržateľný rozvoj*. Kľúčovou iniciatívou pre oblasť ekologických inovácií v rámci EÚ ostáva *Akčný plán pre ekologické inovácie (The Eco-Innovation Action Plan)*, ktorý bol prijatý v roku 2011 (jeho predchodcom bol *Akčný plán pre environmentálne technológie (Environmental Technologies Action Plan – ETAP)* z roku 2004). Dokument tvorí rámec pre národné ekoinovačné politiky a jeho prostredníctvom sa rozbehol proces postupného zapracovávania nástrojov ekoinovačnej politiky do národných hospodárskych politik. Akčný plán navrhol niekoľko opatrení zameraných na ekologické inovácie:

1. Prvým je opatrenie nazvané *Environmentálna politika a právne predpisy ako hnací mechanizmus na podporu ekologických inovácií*. Ambíciou EÚ je prostredníctvom legislatívnej aktivity v oblasti ochrany životného prostredia vytvárať želateľné ekoinovačné správanie podnikateľských subjektov. Z množstva príkladov môžeme uviesť *Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (ES) o registrácii, hodnotení, povolení a obmedzovaní chemických látok (REACH)*, *Smernicu Rady 92/43/EHS o ochrane prirodzených biotopov a voľne žijúcich živočíchov a rastlín (Natura 2000)* alebo *Smernicu 2012/19/EÚ o odpade z elektrických a elektronických zariadení (OEEZ)*. Vytváranie nových environmentálnych legislatívnych podmienok prakticky pre celé odvetvia spracovateľského priemyslu možno považovať za pomerne silný regulačný nástroj. Prostredníctvom obmedzovania alebo zakazovania určitých typov produkcie môže regulátor vytvárať dlhodobu pozitívne efekty v životnom prostredí a sekundárne kreovať dopyt po nových technológiách a meniť spotrebiteľské správanie. Na druhej strane takáto regulačná aktivita má tiež bezprostredné negatívne dopady na rast nákladov na podnikanie, zamestnanosť a ekonomickú výkonnosť. Intenzita negatívnych ekonomických dopadov je daná adaptačnou schopnosťou konkrétnej národnej ekonomiky.
2. Podpora demonštračných projektov a partnerstiev, ktorých cieľom je dokázať trhovú realizovateľnosť kľúčových technológií, ktorým sa napriek vysokému komerčnému potenciálu nepodarilo preraziť na trh. Opatrenie smeruje do oblasti financovania VaV (Horizont 2020).

3. Normy a výkonnostné ciele pre kľúčové výrobky, procesy a služby. Patria tu schémy označovania výrobkov, ako sú napr. energetické štítky, schémy EÚ pre environmentálne manažérstvo a audit (EMAS), ekologické logo EÚ a pod.
4. Finančné služby a podpora pre malé a stredné podniky, tvoria ho nástroje kohéznej politiky (operačné programy financované z fondov EÚ) a program Horizont 2020.
5. V rámci medzinárodnej spolupráce sa majú ekologické inovácie začleniť do bilaterálnych a multilaterálnych obchodných dohôd a spolupráce EÚ a jej európskych a globálnych partnerov.
6. Opatrenie *Nové zručnosti a pracovné miesta* sa zameriava na trh práce. Každé zavádzanie nových technológií do ekonomiky vyvoláva štruktúrne zmeny v ponuke a dopyte po práci, opatrenie je zamerané na zvýšenie súladu medzi zručnosťami a potrebami trhu práce a mobilitou na trhu práce v EÚ.
7. Opatrenie *Európske inovačné partnerstvo* vychádza zo *Stratégie Európa 2020* a zameriava sa na spoluprácu v oblasti VaV surovín, udržateľného poľnohospodárstva a vody. Ďalšími sľubnými oblasťami môžu byť bioplyny z biologického odpadu, udržateľná chémia a služby pre ekosystémy.

Z ďalších strategických dokumentov EÚ môžeme spomenúť ešte *Akčný plán EÚ pre obehové hospodárstvo*. Plán obsahuje záväzky týkajúce sa ekodizajnu, vyvinutia strategických prístupov pre plasty a chemické látky, veľkú iniciatívu na financovanie inovačných projektov v rámci výskumného programu EÚ Horizont 2020 a cieľové opatrenia v oblastiach, ako sú plasty, potravinový odpad, stavebný odpad, kľúčové suroviny, priemyselný a ťažobný odpad, spotreba a verejné obstarávanie (EK, 2015). Táto stratégia sa zameriava na všetky články hodnotového reťazca od výroby až po spotrebu, opravu, repasáciu, nakladanie s odpadom, s využitím druhotných surovín vo výrobe.

### Ekoinovačná politika na Slovensku

Ekoinovačná politika je na Slovensku fragmentovaná medzi viaceré politiky. Ciele znižovania environmentálnych rizík, znečistenia a negatívnych dopadov využívania zdrojov prostredníctvom zavádzania nových produktov, procesov, manažérskych a organizačných štruktúr a modelov nachádzame v politikách ochrany životného prostredia, ako aj v inovačných a VaV politikách.

Budúci rámec pre politiku ekologických inovácií na Slovensku môžeme vidieť v návrhu tzv. envirostratégie s názvom *Zelenšie Slovensko – Stratégia environmentálnej politiky Slovenskej republiky do roku 2030* (MŽP SR, 2017). V rámci podpory budovania zelenej ekonomiky sa dôraz kladie na dve oblasti: (1) na odpadové hospodárstvo a (2) energetickú efektívnosť. Odpadové hospodárstvo sa zameriava na zvýšenie miery recyklácie komunálneho od-

padu vrátane jeho prípravy na opätovné použitie na 65 % a zníženie miery jeho skládkovania na 10 %. Slovensko bude zeleným verejným obstarávaním zabezpečovať aspoň 70 % z celkovej hodnoty verejného obstarávania (MŽP SR, 2017). Cieľom je tiež zákaz zneškodňovania potravinového odpadu pre supermarkety. Ekonomickými nástrojmi na dosiahnutie uvedených cieľov okrem spomenutého zeleného verejného obstarávania budú podľa envirostratégie mäkké nástroje, ako udeľovanie environmentálnych značiek a poplatky za skládkovanie. V prípade odpadového hospodárstva envirostratégia priamo hovorí aj o podpore VaV nových vhodných technológií. O podpore VaV v odpadovom hospodárstve hovorí aj *Program odpadového hospodárstva SR na roky 2016 – 2020* (MŽP SR, 2015). V tejto súvislosti však nemusí ísť len o technologické ekologické inovácie, podľa nášho názoru je tu značný priestor na organizačné ekologické inovácie (v rámci manažmentu odpadu). Domnievame sa, že vzhľadom na ambiciózne ciele a doterajšiu prax v inovačnom správaní podnikov na Slovensku sa bude využívať ako dominantná forma inovovania najmä dovoz hotových technológií zo zahraničia. V oblasti energetickej efektívnosti je cieľom do roku 2030 priblížiť energetickú náročnosť priemyslu k priemeru EÚ. Jedným z kľúčových nástrojov má byť preferovanie výroby energie z obnoviteľných zdrojov a utlmenie podpory environmentálne škodlivých činností. Na budúcu ekoinovačnú politiku majú v envirostratégii nepriamo vplyv aj úvahy o možnostiach rozširovania environmentálnych daní.

Oblasť energetiky a energetickej efektívnosti je jednou z kľúčových oblastí ekoinovácií. Niektoré výzvy v oblasti VaV v energetike stanovuje schválený dokument *Návrh stratégie energetickej bezpečnosti SR do roku 2030* schválený vládou SR v roku 2008 (Vláda SR, 2008). Podľa dokumentu sú hlavnými výzvami akumulácia energie a vyššie využívanie obnoviteľných zdrojov energie a nových alternatívnych palív (napr. rozvoj biopalív druhej generácie). Súčasťou energetickej politiky na Slovensku je *Koncepcia energetickej efektívnosti*, ktorá je aktualizovaná *Akčným plánom energetickej efektívnosti na roky 2017 – 2019 s výhľadom do roku 2020*. Akčný plán vyhodnocuje opatrenia prijaté v rokoch 2014 – 2016 a stav plnenia stanovených cieľov v oblasti úspor energie, plánovanie opatrení energetickej efektívnosti na ďalšie trojročné obdobie 2017 – 2019 s výhľadom do roku 2020 (MH SR, 2017). Ide o príklad implementácie ekoinovačných politik, ktoré boli vyvolané nadnárodnou legislatívou (smernicami Európskeho parlamentu a Rady, ktoré sa týkali energetickej efektívnosti).

Samostatnou kapitolou v rámci ekologických inovácií na Slovensku je politika VaV. Vzhľadom na dôležitosť zdrojov EÚ v rámci jej financovania zohráva dôležitú úlohu strategický dokument z roku 2013 *Poznámkami k prosperite – Stratégia výskumu a inovácií pre inteligentnú špecializáciu Slovenskej republiky* (MŠVVaŠ SR, 2013), ktorého prijatie bolo jednou z *ex ante* podmienok na čerpanie európskych štrukturálnych a investičných fondov na ob-



Tab. 4. Prehľad čerpania Národného strategického referenčného rámca 2007 – 2013 vo vybraných témach zo zdrojov EÚ (mil. eur)

Kód	Hlavná téma	Operačný program					
		KaHR	VaV	ŽP	BSK	ROP	Spolu téma
1	Činnosti vedeckotechnického rozvoja vo výskumných strediskách	3,29	211,49	0,00	0,00	0,00	214,78
2	Infraštruktúra vedeckotechnického rozvoja *	0,00	485,09	0,00	0,00	0,00	485,09
3	Transfer technológií a zlepšovanie sietí **	30,18	264,85	0,00	8,22	0,00	307,91
5	Rozvinuté podporné služby pre firmy a skupiny firiem	30,45	0,00	0,00	0,00	0,00	30,45
6	Pomoc pre malé a stredné podniky na podporu ekologických výrobkov a výrobných postupov ***	17,30	0,00	0,00	15,07	0,00	32,37
7	Investície do firiem priamo spätých s výskumom a inováciou ****	39,26	0,00	0,00	1,07	0,00	40,34
8	Iné investície do firiem	317,10	0,00	0,00	0,00	0,00	317,10
9	Iné opatrenia na podporu výskumu, inovácie a podnikania v malých a stredných podnikoch	77,91	0,00	0,00	1,37	0,00	79,28
40	Obnoviteľné zdroje energie: slnečná	22,10	0,00	0,00	0,00	0,00	23,38
41	Obnoviteľné zdroje energie: biomasa	21,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,48
42	Obnoviteľné zdroje energie: hydroelektrická, geotermálna a iné	20,49	0,00	0,00	0,00	0,00	20,49
43	Energetická efektívnosť, kogenerácia, hospodárenie s energiou	195,15	0,00	0,00	0,00	0,00	195,15
44	Hospodárenie s domácim a priemyselným odpadom	0,00	0,00	292,03	0,00	0,00	292,03
45	Hospodárenie s vodou a jej distribúcia (pitná voda)	0,00	0,00	79,99	0,00	0,00	79,99
46	Spracovanie vody (odpadová voda)	0,00	0,00	792,49	0,00	0,00	792,49
47	Kvalita vzduchu	0,00	0,00	110,40	0,00	0,00	110,40
49	Zmierňovanie klimatickej zmeny a prispôsobovanie sa klimatickej zmene	0,00	0,00	37,11	0,00	0,00	37,11
50	Ozdravovanie priemyselných lokalít a kontaminovanej pôdy	13,44	0,00	60,62	0,00	0,00	74,06
52	Podpora čistej mestskej dopravy	0,00	0,00	36,62	4,16	0,00	40,78
53	Predchádzanie rizikám (vrátane návrhu a realizácie plánov a opatrení na predchádzanie prírodným a technologickým rizikám a ich riadenie)	0,00	0,00	275,34	0,00	0,00	276,93
54	Iné opatrenia na zachovanie životného prostredia a predchádzanie rizikám	0,00	0,00	28,39	0,00	59,01	91,84
	<b>Spolu</b>	<b>787,67</b>	<b>961,42</b>	<b>1712,99</b>	<b>29,91</b>	<b>59,01</b>	<b>3554,55</b>

Zdroj: vlastné spracovanie podľa databázy ITMS (2017)

Vysvetlivky: Operačný program: KaHR – Konkurencieschopnosť a hospodársky rast, VaV – Výskum a vývoj, ŽP – Životné prostredie, BSK – Bratislavský samosprávny kraj, ROP – Regionálny operačný program; \* – vrátane fyzického podniku, prístrojového vybavenia a vysokorychlostných počítačových sietí prepájajúcich výskumné strediská a odborné strediská v konkrétnej technológii; \*\* – transfer technológií a zlepšovanie sietí spolupráce medzi malými a strednými podnikmi, medzi malými podnikmi a inými podnikmi a univerzitami, zariadeniami vyššieho vzdelávania každého druhu, regionálnymi orgánmi, výskumnými strediskami a vedeckými a technickými strediskami (vedeckými a technickými parkami, technostrediskami atď.); \*\*\* – pomoc pre malé a stredné podniky na podporu ekologických výrobkov a výrobných postupov (zavedenie účinného systému riadenia životného prostredia, prijatie a využívanie technológií proti znečisťovaniu, zavádzanie čistých technológií do podnikovej výroby); \*\*\*\* – investície do firiem priamo spätých s výskumom a inováciou (inovačné technológie, zriaďovanie nových firiem univerzitami, existujúce strediská a firmy v oblasti vedeckotechnického rozvoja atď.)

dobie rokov 2014 – 2020. Politiku podpory ekologických inovácií v ňom môžeme implicitne identifikovať v niekoľkých rovinách. Medzi technologické priority inteligentnej špecializácie boli zaradené efektívne využívanie zdrojov energií (znižovanie energetickej náročnosti, znižovanie emisií, hľadanie nových udržateľných spôsobov výroby elektriny) a environment, pôdohospodárstvo, potravinová bezpečnosť (MŠVVaŠ SR, 2013). Jeden zo strategických cieľov je vytvoriť dynamickú, otvorenú a inkluzívnu inovatívnu spoločnosť ako jeden z predpokladov na zlepšenie kvality života, čo sa má dosiahnuť aj prostredníctvom podpory výskumu a inovácií v environmentálnych oblastiach vrátane adaptácie na zmenu klímy (MŠVVaŠ SR, 2013). Opatrenie podporí výskum a inovatívne riešenia najmä v oblasti ekológie, environmentálnych problémov, dôsled-

kov klimatických zmien, znižovania emisií, využitia odpadov a riešenia environmentálnych záťaží s cieľom vytvoriť dynamickú, otvorenú a inkluzívnu inovatívnu spoločnosť (MŠVVaŠ SR, 2013). Nástrojmi sú výskumné granty a projekty, inovačné vouchre, úverové programy, partnerstvá a klastre. V oblasti hospodárskej špecializácie sa ako perspektívne oblasti špecializácie spomenuli okrem iných aj: zhodnocovanie domácej surovínovej základne, podpora inteligentných technológií v oblasti spracovania surovín a odpadov v regióne výskytu, pôdohospodárstvo a životné prostredie vrátane moderných chemických technológií šetrných k životnému prostrediu (napr. biodegradovateľné plasty). Aktuálnejším a detailnejším pokračovaním tohto dokumentu je *Implementačný plán Stratégie výskumu a inovácií pre inteligentnú špecializáciu Slovenskej republiky* prijatý

Tab. 5. Indikatívna výška alokácií Európskych štruktúrnych a investičných fondov vo vybraných tematických cieľoch za roky 2014 – 2020 na Slovensku zdroje EÚ (mil. eur)

Tematické ciele (TC)	Inteligentný rast – všeobecne	Výskum a vývoj	Udržateľný rast – všeobecne	Energetická účinnosť zníženie spotreby energie	Zníženie emisií CO <sub>2</sub>	Obnoviteľné zdroje energie	Spolu
TC 1: Posilnenie výskumu, technologického rozvoja a inovácií	212	1 578		56	8,6		1 854,6
TC 2: Zvýšenie konkurencieschopnosti malých a stredných podnikov, sektora poľnohospodárstva	823,6						823,6
TC 3: Podpora prechodu na nízkouhlíkové hospodárstvo vo všetkých sektoroch	893,9	26,9	71,1	28,1			1 020
TC 4: Podpora prispôsobovania sa zmene klímy, predchádzanie a riadenie rizika			14,8	902,2		173,2	1 090,2
TC 5: Zachovanie a ochrana životného prostredia a podpora efektívneho využívania zdrojov			697,4		111		808,4
TC 6: Podpora udržateľnej dopravy a odstraňovanie prekážok v kľúčových sieťových infraštruktúrach			2 154,1				2 154,1
Spolu	1 929,5	1 604,9	2 937,4	986,3	119,6	173,2	7 750,9

Zdroj: Úrad podpredsedu vlády SR pre investície a informatizáciu (2016)

v roku 2017 (Úrad podpredsedu vlády SR pre investície a informatizáciu, MŠVVaŠ SR, MH SR, ÚV SR, 2017).

Ekoinovačnú politiku môžeme označiť ako prierezo- vú politiku a v porovnaní s ostatnými „tradičnými“ hos- podárskymi politikami aj za pomerne mladú oblasť (a to nielen na Slovensku). Faktom je i to, že jej kreovanie je sil- no podmienené tlakom nadnárodných inštitúcií a politik EÚ či už nepriamo, prostredníctvom environmentálnej legislatívy, alebo priamo cez realizáciu kohéznej politiky na Slovensku. S tým súvisí aj fakt, že nie je inštitucionál- ne koncentrovaná, ale jej časti/prvky (aktéri, nástroje, sub- jekty) nachádzame vo viacerých rezortoch (Ministerstva životného prostredia SR, Ministerstva hospodárstva SR a Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR a na strategickú úroveň Úradu podpredsedu vlády SR pre in- vestície a informatizáciu). Jej strategické ciele a rámce, ako aj nástroje sú roztrieštené medzi množstvo legislatívnych noriem a „mäkkej“ legislatívy (strategické dokumenty, akčné plány a pod.).

### Nástroje ekoinovačnej politiky na Slovensku

Po vstupe Slovenska do EÚ sa v rámci priamych finanč- ných intervencií do ekonomiky stali kľúčovými zdroje EÚ (štruktúrne fondy a Kohézny fond v 2007 – 2013 a eu- rópske štruktúrne a investičné fondy v 2014 – 2020). Do priamej finančnej podpory rozvoja ekologických inovácií štát investoval prostredníctvom niekoľkých operačných programov. V tab. 4 uvádzame vybrané tematické oblasti intervencie podľa jednotlivých operačných programov, pri výbere tematických oblastí intervencie sme zvolili voľnejší prístup k prieniku ekologických inovácií a priamej podpo- ry zo zdrojov EÚ, čo je dané náročnosťou identifikácie eko- logických inovácií v konkrétnych tematických oblastiach. V tab. 4 preto uvádzame tematické oblasti, ktoré zodpo-

vedajú charakteru ekologických inovácií (napr. pomoc pre malé a stredné podniky na podporu ekologických výro- kov a výrobných postupov, obnoviteľné zdroje energií alebo podporu čistej mestskej dopravy), ako aj témy, ktoré sa môžu týkať ekologických inovácií len čiastočne (napr. investície do infraštruktúry VaV alebo firiem).

Podporu rozvoja ekologických inovácií (priamu alebo nepriamu) môžeme identifikovať aj v prípade čerpania európskych štruktúrnych a investičných fondov v rokoch 2014 – 2020; vzhľadom na nízku úroveň čerpania podpory a z toho vychádzajúcich metodologických obmedzení sme identifikovali prieniky tematických cieľov a národných cieľov *Stratégie Európa 2020* v trvalo udržateľnom rozvoji a VaV (tab. 5).

V aktuálnom programovom období môžeme identi- fikovať podporu ekologických inovácií vo viacerých ope- račných programoch. V Operačnom programe *Kvalita životného prostredia* sú prostriedky zamerané na podporu udržateľného a efektívneho využívania prírodných zdro- jov, environmentálnej infraštruktúry, prispôsobenie sa zmenám klímy alebo mitigačné opatrenia (energetická účinnosť a nízkouhlíkové hospodárstvo). Druhým dôleži- tým programom je Operačný program *Výskum a inovácie*, v ktorom sú prostriedky zameraná aj na podporu inves- tovania podnikov do výskumu a inovácií s ekologických aspektom. K prierezo- vým témam programu patria zelená ekonomika a nízkouhlíkové technológie. Môžeme ešte spomenúť Operačný program *Integrovaná infraštruktúra*, ktorý v oblasti dopravy a dopravnej infraštruktúry obsa- huje environmentálne aspekty (napr. podporu verejnej do- pravy, znižovanie emisií a pod.).

Projekty financované zo zdrojov EÚ v dvoch progra- mových obdobiach 2007 – 2013 a 2014 – 2020 majú hlavne infraštruktúrny charakter, a hoci boli pôvodne dizajno- vané ako doplnkový zdroj k národným zdrojom, na Slo-



vensku tvoria pomerne veľkú časť verejných kapitálových výdavkov a často nahrádzajú domáce zdroje. V rámci domácich priamych zdrojov financovania VaV spomenieme ešte projekty Vedeckej grantovej agentúry pri MŠVVaŠ SR a SAV, Agentúry na podporu výskumu a vývoja, programy Environmentálneho fondu na environmentálnu infraštruktúru a programy na energetickú efektívnosť alebo obnoviteľné zdroje energií poskytované Slovenskou energetickou a inovačnou agentúrou.

Okrem priamych finančných nástrojov sa na Slovensku realizujú aj niektoré mäkké nástroje, ktoré motivujú aktérov k ekoinovačnému správaniu, ide o systém environmentálneho manažérstva podľa medzinárodnej normy ISO 14001, vydávanie označení, ako sú napr. environmentálne vhodné produkty alebo environmentálna značka EÚ. Do tejto skupiny nepriamych nástrojov môžeme zaradiť aj tzv. zelené verejné obstarávanie.

\* \* \*

Zhoršovanie prírodného prostredia môžeme považovať v súčasnosti za hlavnú civilizačnú výzvu. Jednou z možných odpovedí je zavádzanie nových technológií, ktoré sú v ekonomickej teórii a hospodársko-politickej praxi konceptualizované ako ekologické inovácie. Slovensko v mnohých indikátoroch energetickej, materiálnej náročnosti alebo odpadového hospodárstva zaostáva za priemerom EÚ, čo vytvára dostatočný priestor na implementáciu ekologických inovácií ako nástroja environmentálnej konvergencie. Slovenská ekonomika podľa syntetického indexu *EU Eco-Innovation Scoreboard*, ktorý hodnotí celkovú ekoinovativnosť, patrí medzi ekonomiky s nedostatočnou ekoinovačnou výkonnosťou. O slabých predpokladoch rozvoja ekologických inovácií na Slovensku svedčia napr. veľmi nízke verejné rozpočtové prostriedky alebo výdavky na VaV do oblasti životného prostredia a energií. Slabo rozvinutou stránkou slovenského výskumného systému je všeobecne nízka patentová úroveň, ktorá sa odzrkadľuje aj na nízkej úrovni patentovania environmentálnych technológií. V rámci verejných politík zameraných na rozvoj ekologických inovácií zohráva hlavnú úlohu priama finančná podpora zdrojov EÚ.

*Článok je súčasťou riešenia projektu podporeného Vedeckou grantovou agentúrou MŠVVaŠ SR a SAV č. 2/0070/15 Dynamika a charakter zmien v slovenskej ekonomike v etape predpokladanej stabilizácie hospodárskeho rastu.*

## Literatúra

- Ambec, S., Lanoie, P.: Does it Pay to be Green? A Systematic Overview. *Academy of Management Perspectives*, 2008, 22, 4, p. 45 – 62.
- Andersen, M. M.: Eco-Innovation – Towards a Taxonomy and a Theory. 25th Celebration Conference 2008 on Entrepreneurship and Innovation – Organizations, Institutions, Systems and Regions. Copenhagen: DRUID, Technical University of Denmark, 2008, 16 p. ([https://www.researchgate.net/publication/228666208\\_Eco-innovation-towards\\_a\\_taxonomy\\_and\\_a\\_theory](https://www.researchgate.net/publication/228666208_Eco-innovation-towards_a_taxonomy_and_a_theory))
- Arundel, A. V., Kemp, R.: *Measuring Eco-Innovation*. Maastricht: University Maastricht, 2009, 40 p.
- Arundel, A., Bordoy, C., Kanerva, M.: Neglected Innovators: How Do Innovative Firms that Do not Perform R&D Innovate? Results of an Analysis of the Innobarometer 2007 Survey No. 215. *INNO-Metrics Thematic Paper*, 2008, 38 p. (<http://digitalarchive.maastrichtuniversity.nl/fedora/get/guid:413b75a4-8774-4fa2-80ee-51e8d357d117/ASSET1>)
- EC: *Innovation for a Sustainable Future – The Eco-Innovation Action Plan (Eco-AP)*. Brussels: European Commission, 2011, 20 p. (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011D-C0899&from=EN>)
- EK: *Kruh sa uzatvára – Akčný plán EÚ pre obhospodárstvo*. Brusel: Európska komisia, 2015, 23 s.
- Foster, J., Hildén, M., Adlercan, N.: Regulations Induce Environmental Innovations? An Analysis of the Role of Regulations in the Pulp and Paper Industry in Selected Industrialized Countries. In: Hage, J., Meeus, M. (eds.): *Innovation, Science, and Institutional Change: A Research Handbook*. Oxford: Oxford Press, 2006, p. 122 – 140.
- Giljum, S., Gözet, B., Doranova, A.: *EU Eco-Innovation Index 2017*. EIO Brief. Brussels: European Commission, 2018a, 6 p. ([https://ec.europa.eu/environment/ecoap/sites/ecoap\\_stayconnected/files/eio\\_brief\\_eu\\_eco-innovation\\_index\\_2017\\_final.pdf](https://ec.europa.eu/environment/ecoap/sites/ecoap_stayconnected/files/eio_brief_eu_eco-innovation_index_2017_final.pdf))
- Giljum, S., Lieber, M., Gözet, B.: *Eco-Innovation Index: 2017 Version*. Technical Note. Vienna: Vienna University for Economics and Business, Brussels: Technopolis Group, 2018b, 18 p. ([https://ec.europa.eu/environment/ecoap/sites/ecoap\\_stayconnected/files/eco-innovation\\_index\\_eu\\_2017\\_technical\\_note.pdf](https://ec.europa.eu/environment/ecoap/sites/ecoap_stayconnected/files/eco-innovation_index_eu_2017_technical_note.pdf))
- ITMS: *Monitorovací systém: finančné mikroúdaje Národného strategického referenčného rámca 2007 – 2013*, (databáza). Bratislava: Úrad podpredsedu vlády SR pre investície a informatizáciu, 2017, nestráňované.
- MH SR: *Akčný plán energetickej efektívnosti na roky 2017 – 2019 s výhľadom do roku 2020: návrh*. Bratislava: Ministerstvo hospodárstva SR, 2017, 62 s. (<http://www.rokovania.sk/Rokovanie.aspx/BodRokovaniaDetail?idMaterial=26443>)
- MŠVVaŠ SR: *Poznatkami k prosperite – Stratégia výskumu a inovácií pre inteligentnú špecializáciu Slovenskej republiky*. Bratislava: Ministerstvo školstva, vedy, výskumu a športu SR, 2013, 94 s.
- MŽP SR: *Program odpadového hospodárstva SR na roky 2016 – 2020*. Bratislava: Ministerstvo životného prostredia SR, 2015, 129 s. ([https://www.minzp.sk/files/sekcia-enviromentalneho-hodnotenia-riadenia/odpady-a-obaly/registre-a-zoznamy/poh-sr-2016-2020\\_vestnik.pdf](https://www.minzp.sk/files/sekcia-enviromentalneho-hodnotenia-riadenia/odpady-a-obaly/registre-a-zoznamy/poh-sr-2016-2020_vestnik.pdf))
- MŽP SR: *Zelenšie Slovensko – Stratégia environmentálnej politiky Slovenskej republiky do roku 2030*. Bratislava: Ministerstvo životného prostredia SR, 2017, 54 s. (<http://www.minzp.sk/iep/strategie-materialy/envirostrategie-2030/>)
- Úrad podpredsedu vlády SR pre investície a informatizáciu: *Metodologická príručka pre hodnotenie synergických efektov EŠIF v kontexte stratégie Európa 2020*. Bratislava: Úrad podpredsedu vlády pre investície a informatizáciu, 2016, 159 s. ([www.partnerskadohoda.gov.sk/data/files/1187\\_metodologicka-prirucka-pre-hodnotenie-synergickych-efektov-v-kontexte-strategie-europa-2020.pdf](http://www.partnerskadohoda.gov.sk/data/files/1187_metodologicka-prirucka-pre-hodnotenie-synergickych-efektov-v-kontexte-strategie-europa-2020.pdf))
- Úrad podpredsedu vlády SR pre investície a informatizáciu, MŠVVaŠ SR, MH SR, ÚV SR: *Implementačný plán Stratégie výskumu a inovácií pre inteligentnú špecializáciu Slovenskej republiky*. Bratislava: Úrad podpredsedu vlády SR pre investície a informatizáciu, MŠVVaŠ SR, MH SR, ÚV SR, 2017, 96 s.
- Vláda SR: *Návrh stratégie energetickej bezpečnosti SR (upravené nové znenie)*. Bratislava: Úrad vlády SR, 2008, 147 s. (<http://www.rokovania.sk/Rokovanie.aspx/BodRokovaniaDetail?idMaterial=14372>)

Ing. Tomáš Jeck, PhD., [tomas.jeck@savba.sk](mailto:tomas.jeck@savba.sk)  
 Ekonomický ústav Slovenskej akadémie vied, Šancová 56, 811 05 Bratislava

# Čistší produkce – cesta k trvale udržitelnému kvalitativnímu rozvoji světa

Richter, M.: Cleaner Production – Way to Sustainable Qualitative Development of the World. *Životné prostredie*, 2018, 52, 3, p. 140 – 147.

*The use of cleaner production methods is the most promising way to sustain qualitative development and ensure environmental protection. This paper outlines the elementary principles and possibilities of clean modern technology which will prevent waste and ensure limited adverse environmental impact. The most important elements are the selection of appropriate raw materials and technological processes, automatic control systems, continuous monitoring of all technology, and especially increased education of the environmental advantages gained by using cleaner production.*

*Key words: waste, prevention, cleaner production, technology*

V průběhu 19. a 20. století prošel přístup k ochraně životního prostředí (ŽP) pozoruhodným vývojem – od těžkého poškozování všech složek ŽP až po nástup jejich intenzivní ochrany. Avizované a v řadě případů prokazatelné globální změny stavu ŽP vyžadují, aby nastoupený trend v ochraně ŽP pokračoval s ještě větší intenzitou i ve 21. století.

Vývoj stavu složek ŽP byl do značné míry podmíněn demografickým vývojem – růstem počtu obyvatel na Zemi, který zaznamenával v posledních dvou stoletích až exponenciální růst. Celkový počet obyvatel se mezi roky 1800 až 2000 zvýšil téměř osmkrát. Tato skutečnost si vynutila značný, převážně extenzivní růst výrobních sil pro uspokojení alespoň základních existenčních potřeb lidstva. V rozvinutých zemích Evropy, Severní Ameriky a dále i v Austrálii a Japonsku (zemích tzv. „bohatého severu“) navíc výrazně rostla životní úroveň, což bylo spojeno s rozvojem všech odvětví jak průmyslové tak zemědělské výroby, ale i sféry služeb. Nároky na neobnovitelné i obnovitelné zdroje surovin a energií spolu s poškozováním složek ŽP trvale rostly. Trend růstu životní úrovně a osobní spotřeby spojený s rostoucím tlakem na využívání všech přírodních zdrojů planety, spotřební způsob života až na výjimky převažuje dosud ve všech zemích světa.

Rostoucí využívání neobnovitelných a obnovitelných zdrojů planety bez respektování ochrany složek ŽP zesiluje riziko zásadního poškození horninového prostředí a půdy, přízemních i vyšších vrstev atmosféry, podzemních a povrchových vod včetně oceánů. To se přímo promítá do ohrožení veškeré flóry a fauny, obecně celé biosféry včetně člověka (Moldan, 1994).

Je odhadováno, že 80 % surovinových a energetických zdrojů planety spotřebovává cca 20 % obyvatel Země. Tento stav má dopad jak na sociálně-ekonomický rozvoj a demografický vývoj v konkrétních zemích, tak

na zatížení a stupně poškození přírodních zdrojů neobnovitelných i obnovitelných. Zároveň je potenciálním zdrojem konfliktů a jednou z příčin současné enormní migrace obyvatelstva.

Úroveň ochrany přírodních zdrojů a složek ŽP národními legislativami se mezi jednotlivými zeměmi výrazně liší. Vývoj legislativy je do značné míry poplatný výkonnosti národních ekonomik. Účinná ochrana složek ŽP je vždy technicky a technologicky náročná. To vyžaduje značné investiční a dlouhodobě vysoké provozní náklady, na které řada zemí nemá finanční zdroje. Výjimkou v tomto směru jsou jen rozvinuté země světa bohatého severu, ale ochota investovat do environmentálně příznivých technologií není samozřejmostí. Často je vynucena politickými rozhodnutími a následně legislativními nástroji.

Nerovnoměrné rozložení surovinových a energetických zdrojů na Zemi spolu s jejich často neuváženým využíváním vede k rychlému vyčerpávání tradičních nalezišť základních minerálních surovin standardní kvality. To má za následek těžbu surovin i méně kvalitních, což vyžaduje vývoj nových těžebních, úpravárenských a průmyslových výrobních technologií. Často se to týká např. těžby polymetalických rud. V současnosti jsou běžně těžena ložiska minerálů, která byla cca před třiceti lety považována za průmyslově nezpracovatelná.

Řada dnes již otevřených nalezišť se nachází v extrémních klimatických nebo přírodních podmínkách. Jedná se např. o území západní a severní Sibiře, Aljašky, arabských zemí Předního a Středního Východu, středosasijských republik, západní Číny, jihovýchodní Asie, ale i oblastí mořského šelfu, např. Severního moře, Mexického zálivu a Karibského moře, Jihočínského moře i jinde. Zájem roste o potenciální zdroje ropy a zemního plynu v Severním ledovém oceánu. To v řadě případů vede až k nevratnému poškozování složek ŽP nebezpečnými



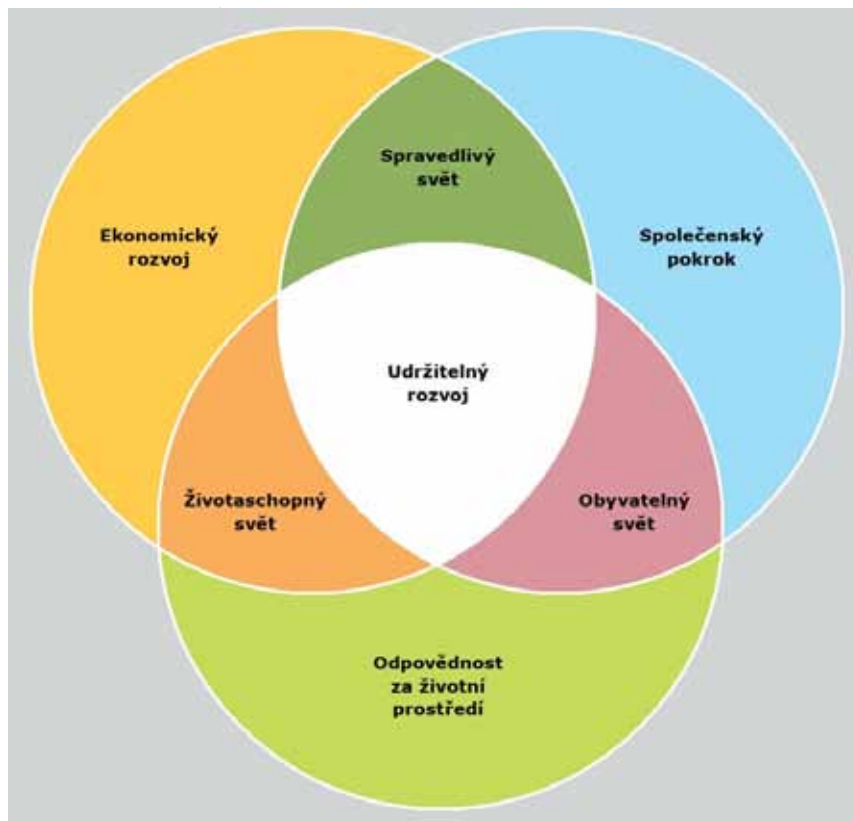
látkami, nejednou dochází k závažným ekologickým haváriím. Otevírání těžby a zpracování surovin v nových lokalitách, přednostně v místě těžby, je již pravidlem. Tak se rozloha území postižených těžební činností a zpracovatelským průmyslem dále zvyšuje. Vznikají nové průmyslové oblasti se všemi pozitivními dopady na rozvoj výrobních sil, ale i negativními dopady na zhoršování kvality ŽP.

K definování rizik globálního poškození ŽP a hledání cest k omezení negativních vlivů bylo v posledních cca třiceti letech zorganizováno několik celosvětových konferencí, např. v Montrealu (potlačení emisí látek poškozujících ozónovou vrstvu), Riu de Janeiro (strategie trvale udržitelného života na Zemi), Soulu (čistší produkce – *cleaner production*, CP), Kjótu (snížení emisí skleníkových plynů) aj. Byla přijata řada mezinárodních dohod – protokolů, které již přispívají ke sníženému zatížení ŽP antropogenní činností.

Zásadní posun ve filosofii ochrany složek ŽP tkví v přechodu od dodatečného omezování negativních účinků nově k zavádění preventivních opatření ve výrobě s komplexním využíváním zdrojů. Na uvedených konferencích byly formulovány požadavky kladené hlavně na průmyslovou sféru. Důraz byl položen na preventivní ochranu pracovního a ŽP, surovinových zdrojů a snížení měrné energetické náročnosti výrob.

Mezinárodní deklarace o CP byla přijata 28. listopadu 1998 v jihokorejském Soulu. Byla zorganizována v rámci dlouhodobého grantu *Program spojených národů pro ŽP*. V deklaraci je závazek používat a propagovat preventivní strategii CP. Mezinárodní deklarací bylo stanoveno:

- hlavním směrem rozvoje průmyslových odvětví jsou čistší průmyslové výroby (tedy CP);
- prosazovat výrobu produktů šetrnějších k ŽP v celém cyklu jejich existence – od přípravy jejich výroby, vlastních výrobních postupů a výrobních zařízení až po zneškodnění odpadů po skončení životnosti konkrétních výrobních zařízení a výrobků;
- maximálně šetrně a účelně nakládat s každým materiálem převzatým ke zpracování, pocházejícím ze zdrojů neobnovitelných nebo obnovitelných, opakované využívání materiálů jako druhotných surovin, jejich recyklace, co je základem nyní prosazovaného oběhového hospodářství.



Obr. 1. Vzájemné propojení jednotlivých oblastí a principů udržitelného rozvoje. Zdroj: [www.qulaqbound.com](http://www.qulaqbound.com)

Nejdůležitějším úkolem do budoucna je vyrábět produkty šetrnější k ŽP čistšími výrobními technologiemi, a tím vytvořit podmínky pro trvale udržitelný rozvoj (obr. 1). Je nutné zdůraznit, že se musí jednat o trvale udržitelný kvalitativní rozvoj, což se ale dosud do praxe neprosadilo. Od této doby se také datuje širší nástup komplexního uplatnění analyticko-syntetických metod řízení a systematické kontroly ochrany složek ŽP zakotvených v legislativě typu:

- posuzování vlivů staveb a činností na prostředí;
- posuzování životního cyklu výrobků;
- posuzování rizik;
- zajištění jakosti výrobků dle norem řady ISO 9000;
- uplatňování metod environmentálního řízení dle ISO 14000;
- uplatnění systémů integrované preventivní ochrany a kontroly.

#### Vývojové trendy vztahu průmyslu k životnímu prostředí

##### Strategie samočisticích mechanismů v přírodním prostředí

V historii využívání přírodních zdrojů člověkem bylo spoléháno na samočisticí mechanismy a autoregulační procesy v přírodě, biosféra ani člověk neměli být

globálně ohroženi (Söhnel, Richter, 1999). Všeobecně bylo předpokládáno, že „přírodní síly si dokážou dříve nebo později poradit“ víceméně s každou látkou vstupující do přízemních nebo vyšších vrstev atmosféry, povrchových nebo podzemních vod, se zásahy do půdy nebo horninového prostředí ovlivňujícími vodní režim nebo jeho chemismus. Bylo rovněž předpokládáno, že narušení rovnováhy má pouze přechodný charakter, postupně se obnoví a stav ŽP se nezmění. Tento názor až na výjimky převládal ve všech oblastech antropogenní činnosti včetně průmyslu do poloviny 20. století.

### **Strategie zředňování odpadních tekutin a skládkování odpadů**

V druhé polovině 20. století již bylo patrné, že samočisticí mechanismy nejsou schopny zvládnout jak rostoucí množství znečišťujících látek vstupujících do přírodního prostředí, tak stále širší paletu chemických sloučenin, často toxických, jež je tvoří. Škody na flóře a fauně řek, protékajících průmyslovými centry navíc s vysokou hustotou osídlení, byly zřejmé. Pokles biodiverzity a četnosti výskytu jednotlivých druhů flóry a fauny v povrchových vodách byl prokazatelný. Například Rýn se stal téměř mrtvou řekou, podobný osud měla Temže, ale i Labe a další velké evropské řeky odvodňující průmyslové oblasti a sídelní centra. O Severním moři bylo hovořeno jako o *Abfallgrube* (odpadové jámě). Vlivem rostoucích emisí oxidu siřičitého a oxidů dusíku z energetiky, průmyslu a dopravy rostla četnost a závažnost smogových situací. Bylo pozorováno hynutí vegetace, v první řadě jehličnatých lesů. Ty jsou vůči imisím kysele reagujících plynů a kyselým dešťům velmi citlivé, byly postiženy nejdříve a nejvíce. Těžké poškození lesních kultur se v plné míře týkalo zejména smrkových monokultur na území bývalého Československa (Richter, 2008).

Proto byla v 50. a 60. letech 20. století v rozvinutých zemích západní Evropy a USA nastoupena strategie zředňování a skládkování: základní metodou bylo zředění vypouštěných odpadních vod čerstvou říční vodou, v případě plyných emisí byly odpadní plyny ředěny přísávaním čistého vzduchu nebo byl stavbou vyšších komínů zajištěn rozptyl na území o větší rozloze. Více se ale projevil dálkový přenos znečišťujících látek do oblastí dosud zdánlivě imisemi nezasážených. Extrémem bylo pozorované znečištění atmosféry a povrchových vod spadem prachu s kyselými dešti v severní Skandinávii, na Sibiři, Aljašce, v severní Kanadě a Grónsku, tj. oblastech vzdálených tisíce kilometrů od průmyslových center Evropy a Severní Ameriky.

Zásadním problémem zůstával při extenzivním rozvoji průmyslové výroby trvalý nárůst absolutního množství znečišťujících látek vstupujících do atmosféry i povrchových vod včetně moří a oceánů, růst palety chemických látek v objemu tuhých odpadů.

Postupně pro ukládání tuhých, pastózních i kapalných látek byly budovány skládky, byl brán zvýšený

zřetel na omezenou propustnost podloží. Přistoupilo se k oddělenému skládkování průmyslových odpadů a komunálních odpadů. Separátně byly ukládány skrývkové zeminy z důlní činnosti, škvára a elektrárenské popílků, strusky z hutnictví, kaly z úpraven rud, uhlí aj. To vytvořilo dobré podmínky pro ochranu hydrosféry i litosféry, i jisté předpoklady pro možnost přepracování odpadních materiálů v budoucnosti. Do určité míry také byla respektována možnost chemických reakcí mezi sládkovanými materiály. Ta by mohla zapříčinit vznik nebezpečných sloučenin s rizikem úniku do ovzduší nebo podzemních a povrchových vod.

### **Strategie koncového čištění odpadních tekutin**

Hlavním podnětem pro jejich uplatnění v průmyslové praxi bylo významné zpříšňování ekologické legislativy v rozvinutých zemích západní Evropy, Severní Ameriky a Japonsku, kde rozsah znečištění atmosféry, půdy a vod s negativním dopadem na biodiverzitu dosáhl hrozivých rozměrů. V zemích střední a východní Evropy, včetně tehdejšího Československa, bylo užití účinnějších metod koncového čištění časté jen v chemickém průmyslu nebo v případě tuhých emisí v energetice a průmyslu stavebních hmot. V masovém měřítku byly tyto metody zaváděny do průmyslové praxe až v devadesátých letech, hlavně v energetice a teplárenství, čištění odpadních průmyslových a komunálních vod.

Pro ochranu atmosféry byly v první řadě řešeny (Bartoňová, ed., 2004; Richter, 2008):

- emise tuhých znečišťujících látek suchými a mokrymi metodami, kdy se nejvíce uplatnily na velké objemy horkých plynů elektrostatické odlučovače, na chladné plyny textilní filtry a na lepidlové materiály proudové Venturiho odlučovače s odlučivostí až kolem 99 %;
- emise oxidu siřičitého s přednostním uplatněním mokro-suchých vápenných nebo mokrych vápencových absorpčních postupů s odlučivostí dosahující kolem 90 %;
- emise oxidů dusíku byly omezovány postupným dávkováním vzduchu do spalovacích komor nebo snížením teploty spalování ve fluidních kotlích; úspěšnější jsou metody selektivní nekatalytická redukce, a hlavně selektivní katalytická redukce dosahující konverze  $\text{NO}_x$  na dusík kolem 98 %; katalytická redukce se uplatnila rovněž v řešení emisí vznětových motorů;
- emise CO a uhlovodíků byly omezeny především zpřesněným dávkováním paliva do spalovacích procesů, řízením přebytku vzduchu a teplot v topeništích; podmínkou řešení bylo vyvinutí spolehlivých čidel analyzátorů spalin sledujících obsah CO,  $\text{C}_x\text{H}_y$  a  $\text{O}_2$ ; ve spojení s počítačovým řízením spalování byl problém v závěru 80. let 20. století technicky a ekonomicky přijatelným způsobem vyřešen.

Pod tlakem ekologické legislativy se zpřísněním emisních norem polutantů do recipientů v rozvinutých zemích Evropy, Severní Ameriky a Japonsku byla zavedena pro ochranu vod následující opatření:

- důsledné vymezení pásem ochrany zdrojů pitné vody;
- rozšíření systémů úpraven vod pro potřeby obyvatelstva a průmyslu;
- výstavba kombinovaných nebo oddílných kanalizačních sítí v sídlech a oddílných kanalizačních sítí v průmyslu;
- výstavba víceúrovňových čistíren odpadních vod komunálních a průmyslových.

Systémovými opatřeními byl omezen průnik znečištěných odpadních vod a polutantů do vod povrchových (včetně moří) a do vod podzemních (Richter, 2008). Emisní limity znečišťujících látek, především základních živin (fosforečnanů a sloučenin dusíku) do recipientů s omezenou obměnou vody, byly sníženy na 50 % limitů platných pro vnitrozemské toky. Zpřísněná ochrana byla uplatněna u jezer ledovcového původu v alpských zemích a Skandinávii, norských fjordů a Baltského moře. Tvrdší emisní normy si vyžádaly zdokonalování technologií čištění odpadních vod komunálních a průmyslových. Na čistírnách odpadních vod (ČOV) byly přednostně řešeny:

- účinnost a výkon mechanických stupňů čištění pro snížení obsahu nerozpustných látek ve vodách. V širší míře jsou uplatněna mechanická česla, bubnové rotační filtry a dekantéry. Mechanické stupně byly vybaveny účinnými usazovacími a lapoly pro odstranění ropných látek i potravinářských tuků a olejů pronikajících do odpadních vod;
- největší rozvoj zaznamenala výstavba biologických stupňů čištění. Velký technologický pokrok znamenalo využití aerobních biologických stupňů s biodyskami a později biologické stupně s jemnobublinovou aerací. Tím se zásadně zvýšil výkon a účinnost odstranění biologicky odbouratelných látek z odpadních vod. Zároveň významně poklesla měrná spotřeba energie procesu biologického čištění odpadních vod;
- anaerobní postupy biologického čištění odpadních vod byly vyvinuty pro velkokapacitní ČOV. V současnosti pracují velké ČOV (zpravidla nad 100 000 ekv. obyvatel) s kombinací aerobního čištění vody, anaerobní denitrifikace a stabilizace biologických kalů. Výhodou je vysoká účinnost čistícího procesu přesahující 90 % se snížením objemu tuhých kalů cca na pětinu. Další předností je možnost energetického využití bioplynu kombinovanou výrobou tepla a elektřiny v kogeneračních jednotkách. Tím je dále snižována energetická náročnost čištění odpadních vod. Stabilizované čistírenské kaly bývají využívány pro rekultivace nebo přípravu kompostů, pokud je v nich podlimitní obsah znečišťujících látek, hlav-

ně těžkých kovů. Jinak jsou ukládány do skládek nebezpečného odpadu, případně spalovány;

- pro odstranění rozpuštěných látek, především iontů  $\text{PO}_4^{3-}$ , byly ČOV doplňovány o tzv. terciární stupeň čištění. Nejlepších výsledků je dosahováno dávkováním síranu železitého, který zároveň působí jako koagulant na látky koloidního charakteru. Sloučeniny fosforu (známá ložiska fosforečných surovin budou vyčerpána cca do 50 let, proto je enormní zájem na vracení fosforečnanů do půdy) a koagulované částice koloidních látek jsou zachycovány v koncových dosazovacích spolu s biologickými kaly;
- řada ČOV byla postupně vybavena desinfekcí vyčištěné vody s dávkováním chlornanu sodného. Toto je významné především v ČOV s anaerobním stupněm čištění vod nebo anaerobní stabilizací kalů. V metanizačních reaktorech musí být teploty kolem 35 – 45 °C, které jsou nutné pro rozvoj mikroorganismů účastnících se anaerobního odbourávání organických látek. Tyto teploty jsou také příznivé pro rozvoj choroboplodných mikroorganismů. Proto zavedení desinfekce znamenalo další pokrok ve zlepšení čistoty vod vypouštěných z komunální a průmyslové sféry do recipientů;
- pro vesnice, osady nebo osamělé objekty se osvědčily kromě malých ČOV klasického uspořádání či domovních ČOV také kořenové čistírny. V nich jsou simulovány přirozené samočisticí procesy probíhající v povrchových vodách. Jejich výhodou jsou vedle vyhovující účinnosti také nízké investiční a provozní náklady. Ve spojení se zemními filtry zajišťují dobrou ochranu povrchových a podzemních vod, i když s mírně sníženou účinností čistícího procesu v době mimo vegetační období;
- v průmyslové praxi byly některé čistě chemické procesy využívající přednostně srážecí a oxidačně-redukční reakce nahrazeny procesy fyzikálně-chemickými, např. iontoměničemi nebo procesy membránového typu: (1) ultrafiltrace, (2) nanofiltrace, (3) reversní osmosy, (4) elektrodialýzy.

Vedle fyzikálně-chemických procesů se pro čištění průmyslových odpadních vod začínají také ve větší míře prosazovat biotechnologické postupy pro rozložení organických sloučenin (uhlovodíků a jejich derivátů), ale také aniontů síranů, sulfanů nebo vazbou kationtů těžkých kovů do biomasy. Výhodou výše uvedených procesů je vysoká účinnost, nízké měrné spotřeby chemikálií, energie a zmenšení množství odpadních látek. Odpadní látky lze také v řadě případů recyklovat.

Zároveň se přidružila rostoucí cena vod odebíraných z povrchových toků a vod vypouštěných z ČOV do recipientů. Proto řada firem investovala do zdokonalování systémů hospodaření s technologickými vodami a jejich opakovaným využíváním. To s sebou přineslo vedle ochrany vod absolutní úspory surovin a zmenšení množství odpadů, často odpadů nebezpečných.



Účinnost čistících procesů ČOV většinou trvale dosahuje hodnot nad 80 – 90 % závisle na sledované složce. Výsledek v kvalitě povrchových vod byl patrný během několika let. Příznivě se odrazil v biodiverzitě flóry i fauny v povrchových vodách. Problematický zůstává biochemický rozklad hormonálních přípravků, některých léčiv, pesticidů a mošusových látek.

### **Nakládání s odpady**

Problémem zůstala skutečnost, že plynné emise do ovzduší a vod byly omezeny, ale neúměrně narůstal objem tuhých materiálů nebo kalů ukládaných do skládek. Závažným problémem se staly sloučeniny těžkých kovů spolu s růstem objemu nebezpečných odpadů. Rychlý rozvoj plynové a kapalinové chromatografie umožnil identifikaci stopových množství těchto látek ve složkách ŽP a potravních řetězcích. To vedlo k odhalení jejich nebezpečnosti pro biosféru a člověka. Vynutilo si jejich systematický monitoring, zavedení opatření omezujících jejich používání, a tím pohyb v pracovním i ŽP (Amundsen, 1995). V 70. letech 20. století také v USA a poté v rozvinutých zemích západní Evropy byly přijaty první zákony o odpadech:

- legislativou bylo postupně během následujících cca 20 let zavedeno důsledné třídění odpadních materiálů u jejich zdrojů na odpady recyklovatelné, kompostovatelné, termicky zneškodnitelné a ukládané do skládek. V ekonomikách vyspělých zemí tak vznikl samostatný obor odpadové hospodářství;
- zavedenou kategorizací odpadů na nebezpečné, inertní a ostatní byly stanoveny podmínky pro výstavbu příslušných typů skládek – na odpady nebezpečné, průmyslové, komunální a ostatní. Dále byly stanoveny podmínky provozování i uzavírání skládek včetně evidence kvality a kvantity ukládaných odpadních materiálů, monitoringu průsakových vod;
- byl vytvořen rezervní finanční fond na sanaci, rekvultivace a revitalizace území skládek;
- již v tomto období se postupně začal vytvářet trh s recyklovatelnými látkami a definovanými požadavky na jejich kvalitu;
- byly zaváděny systémy shromažďování biologických odpadů vhodných pro aerobní kompostování nebo anaerobní digesti;
- v případě nebezpečných látek a odpadů proto byly zavedeny termické postupy zneškodnění – spalování, zplyňování nebo pyrolýza. Standardem je využití uvolněného tepla, vícestupňové čištění spalin odprašováním, absorpcí kyselinotvorných oxidů, selektivní redukcí  $\text{NO}_x$  a adsorpcí nebo i katalytickou oxidací aromatických a heterocyklických uhlovodíků včetně jejich derivátů typu PCB, dioxinů, benzofuranů. Výhodou termických metod je využití energetického obsahu odpadů pro výrobu elektřiny a tepla v kombinovaném cyklu a redukce objemu

odpadních látek ukládaných do skládek i k 10 % původní hodnoty. Zásadní výhodou je také odstranění většiny nebezpečných vlastností odpadů, např. infekčnosti, těkavosti, hořlavosti a výbušnosti uvolňujících se plynů nebo par a potlačení chemické reaktivnosti.

### **Strategie opakovaného používání a recyklace materiálů, využití odpadního tepla**

Zásadním podnětem pro dokonalejší využívání materiálů a energií byla energetická a surovinová krize v první polovině 70. let. To vyvolalo významný odklon od materiálově a energeticky náročných výrob v některých zemích západní Evropy s omezenými surovinovými a energetickými zdroji. Důraz byl kladen na zvyšování podílu kvalifikované práce v přepočtu na jednotku produkce, což se projevilo např. v rychlém rozvoji elektroniky, výpočetní techniky, měřicí a regulační techniky využitelné pro automatizaci a robotizaci výrobních operací. Byl kladen značný důraz na dokonalejší – komplexní – zpracování výchozích přírodních surovin. To se projevilo např. posunem k hlubšímu chemickému zpracování ropy před pouhou výrobou kapalných paliv a maziv. Výrazně se rozvinuly technologie produkce termoplastů, termosetů, syntetických vláken textilních, termostabilních (typu Nomexu) a vysoce pevných (typu Kevlaru), dále epoxidových a alkydových pryskyřic umožňujících produkci kompozitních materiálů.

Výsledky aplikovaného výzkumu a technologických změn v průmyslových výrobcích se ve vyspělých zemích plně projeví až v 80. letech 20. století. V tu dobu se také rozvinula diskuse na témata omezených surovinových a energetických zdrojů Země, problematiky demografického vývoje v rozvinutých zemích v kontrastu k zemím rozvojovým a potřeby ochrany přírodních zdrojů z hlediska jejich dlouhodobého využívání. To byly hlavní podněty stimulující rozvoj směrem k recyklací materiálů a úsporám energií všeho druhu.

Technologické zaostávání zemí střední a východní Evropy se v tomto období prohloubilo. Východní trhy v rámci zemí Rady vzájemné hospodářské pomoci (RVHP) byly izolovány od dění na trzích světových, neboť měly vlastní zdroje energetických surovin a rud, na dovozech z nesocialistických zemí byly až na výjimky nezávislé. Moderní průmyslové technologie se do zemí střední a východní Evropy včetně bývalého Československa dostávaly sporadicky jen nákupem licencí nebo kompletních výrobních jednotek – příklady lze nalézt v případě Československa především v rozvoji petrochemického průmyslu v Chemických závodech Litvínov, Slovnaftu Bratislava, ve Spolaně Neratovice a v Kaučuku Kralupy nad Vltavou. Dále byl rozšířen sortiment vyráběných syntetických vláken v Silonu Planá nad Lužnicí, Chemických závodech J. Dimitrova v Bratislavě a v Chemlonu Humenné, byla zavedena výroba kyseliny akrylové v Chemických závodech Soko-

lov a návazně vodou ředitelných barev na bázi akrylátů v podniku Barvy a laky Praha.

Vlastní technologický výzkum a vývoj byl spíše orientován na tzv. antiimportní opatření místo řešení zásadně nových výrobních postupů. To bylo navíc podpořeno embargem na vývoz špičkových technologií ze západu do zemí RVHP. Výsledky této situace se markantně projevily až v 90. letech při liberalizaci cen surovin a energií spolu s konkurenčním prostředím otevřením přístupu na světový trh.

Surovinová a energetická krize vyvolala tlak na úspory surovin a energií s možnostmi jejich dokonalejšího využívání. Recyklace materiálů byly uplatňovány ve třech stupních (Amundsen, 1995):

- vracení zachycených odpadních látek do základních výrobních technologií, ze kterých pocházely;
- vracení zachycených odpadních látek do příbuzných výrobních technologií v rámci jednoho podniku;
- hledání možností zpracování odpadních látek jako druhotných surovin pro jiné výrobní technologie mimo mateřský podnik.

Postupně byly také specifikovány nároky na kvalitu druhotných surovin. Hlavní obecně přijímanou zásadou bylo třídění odpadních materiálů u původce odpadů, tj. v místě jejich vzniku. Každé dodatečné třídění je vždy drahé a méně účinné, způsobuje horší zpracovatelnost druhotné suroviny. Horší zpracovatelnost se zpravidla promítá do:

- nutnosti užití dalších separačních a čistících operací v základní technologii;
- negativního ovlivnění kvality výrobků;
- zvýšení měrných spotřeb energií;
- zhoršení emisí znečišťujících látek do odpadních plynů a vod;
- vzniku většího množství tuhých odpadů;
- růstu výrobních nákladů s poklesem zisku a konkurenceschopnosti.

Zásadním přínosem recyklačních postupů bylo relativní snížení spotřeby surovin a energií z neobnovitelných i obnovitelných zdrojů.

Výsledkem dříve uvedených opatření bylo významné snížení měrných spotřeb surovin a energií na jednotku produkce u naprosté většiny výrobních postupů. V celostátních měřících poklesl podíl materiálových a energetických nákladů na jednotku HDP.

Připočte-li se k tomu nasazení elektroniky do průmyslové praxe, vyšších systémů řízení technologií s počítači, automatizace a robotizace některých výrobních operací, snížila se také spotřeba lidské práce. To vše mělo příznivý dopad na snížení měrných nákladů u většiny výrobních postupů, a tím zlepšení ekonomiky výroby ve všech rozvinutých zemích.

Řada inovací tohoto řádu začala probíhat v zemích střední a východní Evropy se zpožděním cca 15 let, tj. až od 90. let. 20. století. To se projevilo jak v ekonomice a kvalitě výroby, tak i ve zpoždění příznivých účinků inovací na kvalitu složek ŽP.

Zásadním problémem většiny firem v Československu byl nedostatek finančních zdrojů pro realizaci těchto inovací. Proto byly některé výroby, navíc pod tlakem zahraniční konkurence, probíhající privatizace a nové ekologické legislativy, bez náhrady zastaveny.

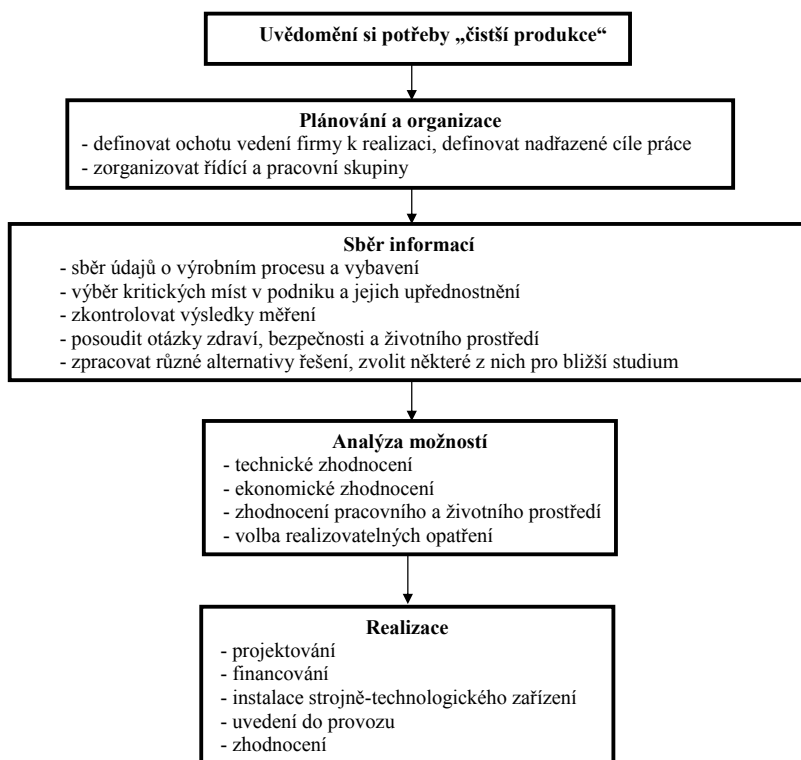
### *Strategie preventivní ochrany životního prostředí – čistší produkce*

Pro strategii preventivní ochrany ŽP a CP bylo užíváno více termínů – maloodpadové technologie, bezodpadové technologie, prevence emisí, minimalizace odpadů. Je vhodné dodat, že zcela bezodpadové technologie nejsou. Vždy v určité fázi úpravy surovin nebo pomocných látek, během jejich zpracování, při manipulaci, skladování, dopravě a balení určitý minimální objem odpadů vzniká (Söhnel, Richter, 1999).

Významným krokem zdokonalení systémů hospodaření se surovinami a energiemi byla strategie preventivní ochrany ŽP. Její nástup ve vyspělých zemích lze časově zařadit do 90. let minulého století. Legislativou bylo realizováno v ČR zákonem č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a omezení znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů, zejména zákon o integrované prevenci (IPPC, [www.env.cz](http://www.env.cz)). Jedná se o formu regulace vybraných průmyslových a zemědělských činností pro dosažení vysoké úrovně ochrany ŽP jako celku, tj. vody, půdy, ovzduší a odpadů. Stanovené provozní podmínky pak neumožní přenos znečištění mezi jednotlivými složkami ŽP.

Postupně byly v rámci Evropské unie publikovány referenční dokumenty o nejlepších dostupných technikách. Cílem referenčních dokumentů BREF (*Reference Document on Best Available Techniques*) je určit nejlepší dostupné techniky (BAT, *Best Available Techniques*) a omezit v Evropské unii nerovnováhu v úrovni emisí ze srovnatelných průmyslových činností. Dokumenty BREF příslušným orgánům státní správy členských států, provozovatelům průmyslových zařízení a odborné veřejnosti poskytují konkrétní informace o BAT. Ty jsou určeny pro činnosti, na něž se vztahuje směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/75/EU o průmyslových emisích (IED, *Industrial Emissions Directive*), především pro posuzování a schvalování rekonstrukcí stávajících výrobních zařízení nebo nových investičních akcí.

Porovnávací technické dokumenty BREF jsou výsledkem systému výměny informací. Každý dokument BREF obsahuje faktické technické a ekonomické informace pro dotčené průmyslové činnosti – produkční charakteristiky, popis technik a používaných postupů, současné úrovně emisí, spotřeby surovin a energií, přehled BAT, jakož i nově vznikajících technik a údaje vedoucí k závěrům o BAT ze zákona č. 76/2002 Sb., v ustanovení § 2 písm. j) definuje referenční dokument nejlepších dostupných technik a technologií. Plné využití je předpokládáno v první čtvrtině 21. století.



Obr. 2. Posloupnost základních opatření zavedení čistší produkce. Zdroj: Amundsen (1995)

### Strategie zavádění čistší produkce

*Environmental Protection Agency (EPA)* – Agentura pro ochranu životního prostředí v USA – definovala CP jako první ve zprávě pocházející z roku 1986 (EPA, 1996; Amundsen, 1995):

CP znamená snížení množství odpadů a škodlivin unikajících do okolního prostředí. To platí pro škodliviny, které vznikají ve výrobě, jsou upraveny v zařízení pro čištění odpadních plynů a odpadních vod a skladovány či deponovány (obr. 2).

Každý krok řešení je popsán technickou zprávou. V případě nesplnění některých ze stanovených cílů je nutno zvolit nové alternativy řešení a znovu je posoudit ve fázi sběru informací.

CP zahrnuje také způsoby použití technického vybavení ke snížení vzniku škodlivin u zdroje, recyklačních technik nebo provozních rizik:

- snížení celkového množství odpadů přepracováním výchozích surovin na finální produkty. Emise škodlivin do atmosféry nebo odpadních vod a odpady jsou nevyužité zdroje;
- snížení nebezpečnosti odpadů minimalizací či vyloučením obsahu látek, jejichž nebezpečnost je známa při současném uplatnění principu preventivní opatrnosti vůči látkám, jejichž všechny vlastnosti nejsou dokonale prozkoumány;

- nebo k oběma efektům, pokud takové snížení je slučitelné s cílem, který spočívá ve snížení budoucího ohrožení zdraví a ŽP;

- ke zdokonalení výrobních postupů a výrobních zařízení spojených s potlačením rizik vzniku průmyslových poruch, nehod nebo havárií ohrožujících na zdraví i životě pracovníky ve výrobě nebo obyvatelstvo v přilehlých územích;

- dbát na kvalitativní parametry žádané trhem a efektivnost výroby.

Nástup čistších technologií zformoval ve strategiích podniků, vedoucích k ochraně ŽP závislých na kapitálové síle firem, tři hlavní proudy:

- pasivní postoj – pouhé vykonávání a plnění úkolů podnikem vyplývající z legislativně předepsaných úkonů a norem;

- aktivní postoj – sledování vývoje techniky, využívání finančních zdrojů na rozvoj výrobních technologií, licenční politiku a know-how s cílem splnit i budoucí požadavky;

- proaktivní postoj – podnik má trvalý zájem „stát v čele svého oboru“, investuje do výzkumu a vývoje,

snaží se předvídat vývojové trendy poptávky na trhu, udržet si pozici na trhu.

### Zásady čistší produkce

Cílem pracovní metody CP je zabránit vzniku odpadů a úniku škodlivin – znečišťujících látek do ŽP a vyhnout se pokud možno řešení skládkování. Všeobecně platí, že jen velmi zřídka se podaří změnit základní kvalitativní parametry výrob a výrobků bez odpovídajících změn podmínek výroby nebo konkrétních technologických postupů (Beránek a kol., 1996). Základní oblasti opatření CP vystihuje obr. 3. Uvedeným schématem je do značné míry naznačena hierarchie principů dosažení čistší produkce:

- základním cílem je zabránit vzniku škodlivin a odpadů ve výrobě;
- snížit množství škodlivin a odpadů ve výrobním postupu. K tomu v první řadě využít (1) možností změny specifikace kvalitativních parametrů výrobku, (2) změn výrobních postupů aplikací dostupných technicko-technologických poznatků, změnit výrobní technologii, zpracovávané suroviny a zavedenou provozní praxi;
- interně recyklovat co největší množství odpadů;
- externě recyklovat odpady, které nelze recyklovat interně;



- využít odpad jako druhotnou surovinu pro výrobu vedlejších produktů;
- využít odpad, který nemůže být druhotnou surovinou, pro výrobu energie;
- do zabezpečených skládek ukládat všechny zachycené škodliviny a odpady, které jsou nezpracovatelné podle výše uvedených bodů.

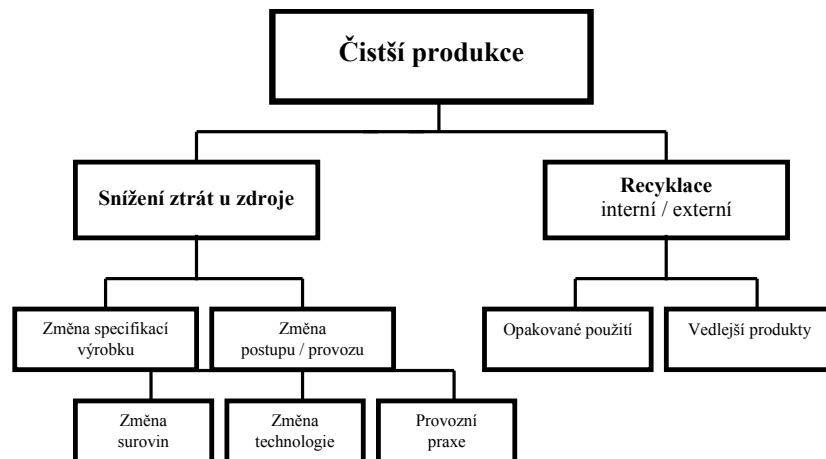
Produkce nových výrobků může být pozitivně ovlivněna jak nabídkou lepších užitečných vlastností zákazníkovi, tak zavedením ekologicky šetrnějších produktů vhodnou motivací zákazníka. Proto je nutné přesně znát preferované funkce výrobku a skutečné požadavky zákazníků. To jsou jedny ze základních informací při zavádění CP. Úloha pečlivého marketingového průzkumu trhu je nezastupitelná, zajišťuje ekonomickou návratnost inovací.

V mnohých případech nebyla zásadním řešeným problémem jen kvalita výrobků a minimalizace množství odpadů, ale také nestabilita dodávek surovin a jejich nevyrovnaná kvalita promítající se do kvality výrobků. Významnou roli sehrává nutnost diverzifikací zdrojů surovin, což je záležitost politicko-strategická. Ta se může v krizovém období stát naprosto prioritní.

Řada provozních údajů je v současných moderních výrobních automaticky registrována měřicími ústřednami a řídicími počítači s průběžným vyhodnocováním a automatickou archivací. Registrace středních, maximálních nebo minimálních hodnot, jejich četnosti a srovnání s optimálním režimem se statistickým vyhodnocením je při nasazení řídicích počítačů běžné. Nejcennější je objektivnost takto získaných informací s vyloučením lidského faktoru. Je tak eliminována logická snaha obsluh technologického zařízení vyvinut se z odpovědnosti za nedodržení technologického režimu, zavinění poruchy, závady nebo vznik havarijní situace způsobené jejich pochybením.

\* \* \*

Stav znečištění složek ŽP vyžaduje jejich soustavnou preventivní ochranu podpořenou účinnými legislativními normami. Preventivní ochrana složek ŽP získala legislativní podporu ve všech rozvinutých zemích světa včetně ČR. Rozhodující úlohu má zákon č. 76/2002 Sb. CP je základní metodou zvyšování materiálové a energetické účinnosti výrobních postupů, preventivní ochrany složek ŽP cestou minimalizace vzniku odpadů všech skupenství při současném maximálním využití recyklační materiálů vnitřních i vnějších. Zabránění úniku škod-



Obr. 3. Základní oblasti opatření čistší produkce. Zdroj: Beránek a kol. (1996)

livin do ŽP metodami koncového čištění a skládkování, uplatňovaná v oblasti materiální výroby, jsou vždy součástí čistších technologií. Vývoj a provoz čistších technologií vyžaduje systematickou výchovu inženýrsky a environmentálně vzdělaných odborníků. Uplatnění čistších technologií je podmínkou snížení vstupů znečišťujících látek do složek ŽP, a tím i podmínkou trvale udržitelného rozvoje.

#### Literatura

- Amundsen, A.: Omezování vzniku odpadů – čistší produkce. Praha: ENZO, 1995, 163 s.
- Bartoňová, A. (ed.): Aktuální otázky znečištění ovzduší. Praha: Univerzita Karlova, 2004, 216 s.
- Beránek a kol.: Čistší výroba, prevence znečištění. Praha: České ekologické manažerské centrum, 1996, 49 s.
- EPA: Cleaner Production – Case Studies. Barton (Australia): Environmental Protection Agency, 1996, 97 p.
- Moldan, B.: Životní prostředí – globální perspektiva. Praha: Centrum pro otázky životního prostředí Univerzity Karlovy, 1994, 111 s.
- Richter, M.: Technologie ochrany životního prostředí I – III. Ústí nad Labem: Fakulta životního prostředí Univerzity J. E. Purkyně, 2008, 266 s.
- Söhnel, O., Richter, M.: Průmyslové technologie III. Ústí nad Labem: Fakulta životního prostředí Univerzity J. E. Purkyně, 1999, 113 s.

Ing. Miroslav Richter, Ph.D., EUR ING,  
miroslav.richter@ujep.cz

Fakulta životního prostředí Univerzity J. E. Purkyně  
v Ústí nad Labem, Králova výšina 3132/7, 400 96 Ústí  
nad Labem, Česká republika

# Environmental Technology Verification – nevyužitý potenciál v podpoře inovací a aplikovaného výzkumu?

Študent, J.: Environmental Technology Verification – Untapped Potential in Promoting Innovation and Applied Research? *Životné prostredie*, 2018, 52, 3, p. 148 – 151.

*The EU pilot project of Environmental Technology Verification (EU ETV) has now ended, and the question is, what next? The Czech Environment Management Center participated in this project as a Verification Body and raised the unsatisfactory conditions in the Czech Republic for implementing ETV. The Czech Environment Management Center (CEMC) believes in using ETV methodology to support innovation projects and export technology in the international markets. The CEMC now offers possible methods that ETV can use to improve the quality of the grants programme. Whether the full potential of the ETV is used depends on future conditions at the EU level and on the providence of national authorities.*

*Key words: EU ETV, innovation, validation, expenditure on science, voluntary, General Verification Protocol (GVP), ISO 14034, Fermenter EWA, Horizon 2020*

Inovace a aplikovaný výzkum jsou stavebními kameny všech dosud schválených, realizovaných, a také budoucích strategií konkurenceschopnosti ČR a členských zemí EU. Přesto my Evropané dlouhodobě zaostáváme za vyspělými ekonomikami. Zaostávání nespočívá ani tak ve výši výdajů na vědu, výzkum a inovace (VVAI), ale především v realizační fázi. Např. ČR jen pro Technologickou agenturu (TA ČR), která je odpovědná za podporu aplikovaného výzkumu, uvažuje s dotačními prostředky v hodnotě 44 mld. Kč na období 2016 – 2023. Kromě Agentury se na výdajích na VVAI ještě podílí další instituce financované státem a také soukromí investoři. Takže výdaje na VVAI se ročně pohybují v rozmezí 60 – 80 mld. Kč. Je tedy otázkou, jak tyto prostředky efektivně přetavit na úspěch v mezinárodní soutěži. Zatím se nám to nedaří.

## Efektivní podpora aplikovaného výzkumu a inovací

Evropská komise (EK) se proto sama rozhodla realizovat v roce 2014 tříletý pilotní projekt Environmental Technology Verification (ETV; <https://ec.europa.eu/environment/ecoap/etv/>; EK, 2014). Projekt je unikátní v tom, že zavádí nový dobrovolný nástroj, který se tentokrát zaměřuje na podporu uplatňování inovací na mezinárodním trhu. Nástroj upřednostňuje pragmatická kritéria před dosud praktikovanými administrativními přístupy. Obvyklé hodnocení „vědeckosti“ inovativních projektů bylo nahrazeno průkazností tvrzení o výkonnosti produktu. EK pilotní projekt ETV vyhodnotila na 4. shromáždění zájmových skupin (*4th Stakeholder Forum of EU ETV Pilot Programme*), konaném 15. února 2018 v Bruselu. Z prezentací tří nezávislých hodnotitelů na tomto shromáždění lze předpokládat, že metodiku

ETV zařadí EK mezi trvalé nástroje podpory inovací. České ekologické manažerské centrum (CEMC) – nezisková organizace, založená průmyslem v roce 1992 ([www.tretiruka.cz/eu-etv/](http://www.tretiruka.cz/eu-etv/)) – se pilotního projektu aktivně zúčastnilo, proto se k němu může poměrně fundovaně vyjádřit.

Základní nosnou myšlenkou ETV je snaha urychlit uvádění inovací a aplikovaného výzkumu do praxe. Charakteristické pro aplikovaný výzkum a inovace je, že v době uvádění na trh nemají žádné reference. Proto jim také poměrně dlouho trvá, než si najdou své zákazníky. Tato nejistota se ostatně projevuje i v opatrném přístupu firem k inovacím, protože musí počítat s rizikem neúspěchu. EK ve spolupráci s JRC (*Join Research Center*) připravily metodiku, která umožňuje prostřednictvím tzv. nezávislé akreditované osoby ověřovat vše, co o technologii prohlašuje výrobce či dodavatel. Ověření musí probíhat průkazně, s možností kdykoliv výsledky ověření potvrdit opakovanými zkouškami.

Popravdě je třeba dodat, že EK se při formulaci pilotního projektu nechala inspirovat obdobnými systémy provozovanými v Kanadě, USA, Japonsku, Jižní Koreji, Filipínách. V současné době se o totéž pokouší i Čína. Zejména kanadský model byl inspirativní jak pro EK, tak pro Mezinárodní organizaci pro normalizaci (ISO, *International Standard Organization*). Díky tomu přechod z evropského systému ETV na novou mezinárodní normu ISO 14034 (vydána v prosinci 2016) by měl být bezproblémový. Tento fakt je velmi důležitý, citovaná norma totiž zajišťuje vzájemnou uznatelnost výsledků ověřování inovací po celém světě. Předpokládáme, že postupy nezávislého ověřování inovací se stanou realitou na mezinárodním trhu.

## Proces ověřování

EK si v rámci pilotního projektu vybrala několik technologických oblastí, ve kterých bylo možné ověřování provádět. Jde o oblast (1) **vod** (měření kvality vody, čištění odpadních vod, úpravy pitné vody); (2) **materiálů** (odpady, nové materiály a zdroje z biomasy); (3) **elektrické energie** (energeticky účinné technologie a výroba tepla a elektrické energie z obnovitelných zdrojů energie (OZE) a z odpadů). Pod pojmem environmentální technologie se rozumí technologie, které jsou prospěšné pro životní prostředí při jejich výrobě a při užívání. Pod pojmem technologie si představte produkt, technologický celek, servis a také obecně službu. Troufám si říci, že pokud by tímto procesem prošly např. vozy společnosti Volkswagen, nedošlo by k aféře *dieselgate*. Výsledkem ověřovacího procesu je udělení registrace a zveřejnění informace o technologii v evropské databázi ověřených inovativních technologií umístěné na stránkách EK. Vlastník technologie může v obchodním styku a za stanovených podmínek využívat tzv. ověřené prohlášení vč. registračního čísla, pod kterým je technologie zaregistrována u EK, spolu s ověřovacím protokolem a logem ETV.

Vlastní hodnocení se provádí v šesti krocích, přičemž první dvě etapy slouží k posouzení způsobilosti technologie pro zahájení procesu úplného ověření (dále rychlé ověření). Přihlíží se k inovativnosti a přínosu technologie pro uživatele vč. environmentálního dopadu, k souladu s legislativou, k standardům a také k připravenosti dodat produkt na trh. Další etapy pak už slouží k prokázání tvrzení výrobce o výkonnosti technologie. Ověřovatel rozhoduje, jaké zkoušky, jakým způsobem a za jakých podmínek musí být vykonány, aby prohlášení bylo objektivně prokázáno. Toto rozhodnutí významně závisí na formulaci prohlášení. Prohlášení musí být exaktní a tudíž i průkazné. Ověřovací orgán vyhodnotí zkušební protokoly a teprve na základě jejich kladného posouzení požádá EK o registraci technologie a její zveřejnění ve zmíněné databázi ověřených inovativních technologií. K objektivitě posouzení přispívá i skutečnost, že ke každému kroku ověřování se vyjadřuje tzv. technická pracovní skupina složená z odborníků jmenovaných jednotlivými členskými státy a z pracovníků JRC. Všechny výhrady pracovní skupiny musí být pořádány.

## Výsledky pilotního projektu Evropské Unie *Environmental Technology Verification*

EK pověřila ověření výsledků pilotního projektu tři nezávislé konzultační firmy (IEEP, ICF a VITO). Dále cituji z průzkumu společnosti ICF provedeného mezi 50 organizacemi působícími v členských zemích (Lonsdale et al., 2018): „Více než 80 % z oslovených společností „spíše věří“ nebo „věří“, že nezávislé ověření metodikou

ETV jim pomůže zlepšit celkové vnímání organizace, pomůže odlišit jejich produkt od konkurence a také přispěje k rychlejšímu uplatnění na trhu. Téměř 45 % organizací spoléhá na marketing využívající ověřená data ze zkoušek prokazujících výkonnost technologie. Bez ohledu na dobu působení na trhu uvažují všechny organizace o ověření některého ze svých již prodávaných produktů.“

Z průzkumu mezi ověřovacími orgány (Lonsdale et al., 2018): „V EU bylo akreditováno celkem patnáct ověřovacích orgánů, největším počtem ověřovacích orgánů disponuje Polsko (celkem čtyři). Ukazuje se ale, že celkový počet ověřených technologií není ani tak závislý na počtu národních ověřovacích orgánů, ale je spíše závislý na utvořených podmínkách v té které zemi. Protože ETV je praktikováno i mimo evropský region, je možné srovnávat systémy ověřování inovací na celosvětové úrovni. Počet rychlých ověření vyznívá ve prospěch evropských zemí oproti zemím z jiných regionů (98 : 24). Ne zcela uspokojivý je poměr rychlých ověření k úplnému ověření (281 : 26). Ověřovací orgány uvádí, že hlavním důvodem tohoto nepříznivého poměru může být obava ze schopností veřejnosti vyhodnotit výstupy z ETV procesu. Shodují se také v tom, že náklady spojené s ověřováním mohou hrát významnou roli při rozhodování o využití nezávislého ověření technologie. Až 73 % ověřovacích orgánů na počátku předpokládalo větší zájem o ověření ETV.“

Obě skupiny se shodují v tom, že potenciál ETV mohl být lépe využit, kdyby nebyly podceněny celkové náklady projektu, zejména náklady na aktivity spojené se stykem s veřejností, žádoucí by byla větší podpora ze strany odpovědných národních orgánů, nedostavila se ani podpora v rámci Operačního programu Horizont 2020, což svědčí o nedostatečné komunikaci mezi direktoriáty EK, scházely finanční pobídky spojené s využitím výstupů. Celkem bylo vytypováno deset zásadních připomínek, z toho šest považuje CEMC za zásadní i pro ČR.

V ČR úplnému ověřovacímu procesu byla podrobena pouze technologie Fermentor EWA 2014 společnosti AGRO-EKO, spol. s r. o. (obr. 1) a současně bylo provedeno celkem jedenáct rychlých ověření výstupů projektů financovaných TA ČR. V současné době spolupracujeme se zahraničními subjekty z Izraele a Maďarska. Co se týče dosaženého výsledku v počtu úplných ověření, zařadili jsme se sice do evropského průměru, ale to nás neuspokojuje. Máme zásadní výhradu k podmínkám, za kterých jsme mohli pilotní program v ČR realizovat, a pokud by podmínky byly jen o málo jiné, mohlo se více organizací zviditelnit na mezinárodním trhu.

## Naše postřehy, zkušenosti, problémy a systémová opatření

Organizační struktura pilotního projektu byla nastavena EK poměrně robustně. To potvrdil i výše zmíněný





Obr. 1. Fermentor EWA 2014, vyráběný společností AGRO-EKO, spol. s r. o., Albrechtice (Česká republika), je inovativní technologie na zpracování biologicky rozložitelných odpadů včetně gastroodpadů, která získala certifikát ETV v roce 2016 (Jemnice Krakov, Polsko, 2018). Foto: Miroslav Hůrka

průzkum. Pilotní projekt zaštiťuje řídicí orgán jmenovaný EK a zastupují ho pracovníci odpovědných ministerstev zainteresovaných zemí. Tento orgán rozhoduje o zásadních otázkách programu a řídí technickou pracovní skupinu odborníků. Ověřovací orgány v jednotlivých zemích musí mít akreditovaný systém splňující požadavky Všeobecného ověřovacího protokolu ETV (GVP, *General Verification Protocol*) a také požadavky normy ISO 17020 (kvalita ověřovacího procesu). To znamená, že kvalita systému ETV je koordinována i Mezinárodním sdružením pro akreditaci (IAF). Za hlavní slabinu pilotního projektu považujeme podcenění nákladů na práci s veřejností na podporu pilotního projektu (museli jsme na základě připomínek EK tyto prostředky v projektu redukovat na minimum). Generální ředitelství pro životní prostředí EK se nepostaralo o to, aby ETV bylo prosazeno – podporováno ostatními generálními ředitelstvími v jimi připravovaných relevantních politikách. Např. v tak zásadním dokumentu pro nové plánovací období, jako je Horizont 2020, je ETV zmíněno jen jednou a ke všemu nic neříkající větou. Tím si

také vysvětlujeme opatrný přístup našich relevantních ministerstev k využití tohoto dobrovolného nástroje. Obdobná situace je i na Slovensku, kde jsme se se zájmem o ověření inovačního projektu metodikou ETV na úrovni národních orgánů prakticky nesetkali. V tomto ohledu se české zkušenosti 100 % shodují s výše zmíněným průzkumem. Nabízí se využití ETV v řízení dotačních programů (např. programy na podporu inovací a konkurenceschopnosti). Podle CEMC implementaci pilotního programu by v ČR rozhodně prospěla alespoň proklamace morální podpory ze strany rezortu životního prostředí a rezortu průmyslu a obchodu.

Proč by měl hodnocení ETV věnovat pozornost stát, popř. investor? Projekt, který žádá o dotaci a předpokládá ETV ověření, dává jistotu, že realizátor má skutečnou ambici uplatnit inovaci na trhu. Znamená to, že to tedy nebude tzv. projekt do šuplíku. O kvalitě jednotlivých dotačních programů může mj. napovídat i počet v něm obsažených projektů hodnocených metodikou ETV. Už po absolvování tzv. rychlého ověření (první etapa hodnocení), lze usuzovat o vývozním potenciálu projektu.

ETV může pomoci řešit některé nedostatky výzev dotačních programů, např. o rychlé ověření nás žádají organizace v souvislosti s ověřením certifikovaných metodik, a to jen proto, že jiný ověřovatel prostě neexistuje, ačkoliv tato kategorie projektů se v programovém vyhlášení nabízí.

Z popisu ověřovacího procesu ETV je zřejmá jeho náročnost, a to nejen finanční, ale i časová. Proto nelze ETV realizovat ve všech případech žádajících o grantovou podporu. Umíme si však představit, že ETV bude využito v projektech s vysokou ambicí, tj. na kterých by měla mít naše společnost především zájem. Ze strany státu by podpora také mohla mít podobu bodového zvýhodnění inovačních projektů, které předpokládají posouzení ETV. Náklady ověřovacího orgánu na udržení akreditace systému ETV jsou poměrně významné. Pokud má být systém ETV životaschopný, je třeba vyřešit otázku zájmu státu a také podpory jak na straně projektů, tak u ověřovacích orgánů. V našich podmínkách vidím tyto možnosti podpor: (1) uznávat náklady na ověření a využívat tzv. inovační vouchery; (2) využít ETV jako důkaz pro finanční úřady při uznávání daňových odpočtů na VVaI. Zajímavým impulzem pro výrobce a dodavatele může být i skutečnost, že udělení ověření ETV není časově omezeno. Je platné po dobu, dokud technologie nedozná takové změny, která zásadně ovlivní její výkonnost. Pro srovnání, např. platnost udělení patentu je dvacet let, užitečného vzoru max. šest let. Nezanedbatelné je také to, že náklady na ověření v ČR byly cca třetinové oproti ostatním zemím, což neuniklo pozornosti některým organizacím mimo evropský region, které nás požádali o spolupráci.

### Budoucnost Environmental Technology Verification

To, že nebylo v ČR ověřeno mnohem více inovační technologie už v průběhu pilotního projektu, považujeme za promarněnou příležitost našeho průmyslu. Na ETV nahlížíme jako na jeden z mnoha dílčích kroků, které mohou rozhodnout o konkurenceschopnosti. CEMC pro prosazení ETV vzhledem ke svému statusu neziskové organizace činí maximum. V programu ETV pokračujeme i po ukončení pilotního projektu EU ETV, využíváme při tom již vybudovanou organizační strukturu při EK. Podotýkám, že dnes naše akreditace umožňuje posuzovat inovativní technologie v souladu GVP a ISO 14034, a to v oblasti vody a materiálů. Jsme přesvědčeni o tom, že metodika ETV je vhodná pro posouzení jakékoliv inovativní technologie, tj. má univerzální platnost. Výše zmíněné poradenské organizace provádějící průzkum výsledků pilotního projektu ETV podporují „překlopení“ ETV na ITV (*Innovative Technology Verification*). S tímto názorem se plně ztotožňujeme, není důvod, aby tomu tak nebylo. Metodika je velmi obecná, její aplikace vyžaduje tvořivý přístup a také platí, že každá inovace by měla být přínosem pro životní prostředí. ETV

může být základem pro budoucí BAT technologie, EPD prohlášení (*Environmental Product Declaration*), přínosem pro veřejné nakupování a také může být nedílnou součástí politiky prosazení cirkulární ekonomiky. Zda tomu tak bude, záleží jen na osvědčenosti zainteresovaných orgánů.

\* \* \*

České ekologické manažerské centrum je jedinou organizací, která v této době v ČR a SR nabízí nezávislé ověření inovací metodikou ETV. Proto nejsme úplně nezávislí pro hodnocení přínosů pilotního projektu ETV. Z principu filozofie, kterou prosazujeme, však dokážeme být v tomto ohledu dostatečně kritičtí a hlavně máme bohaté zkušenosti s aplikací metodiky ETV. Získat zkušenosti bylo také hlavním důvodem, proč nezisková organizace, zabývající se 26 let průmyslovou ekologií, vstoupila na tento neprobádaný tenký led. Proces ETV podporujeme a máme zájem o spolupráci s firmami, které chápou význam nezávislého posouzení v kontextu své budoucí úspěšnosti na mezinárodních trzích. Proces ověřování je tvořivou činností vyžadující velmi úzkou a otevřenou spolupráci mezi ověřovacím orgánem a žadatelem (inovační firmou). Bez vnitřního přesvědčení žadatele nelze obhajitelné ověření uskutečnit. Jakékoliv zanedbání může celý proces ETV znehodnotit. V tomto ohledu se ETV skutečně neliší od ostatních dobrovolných nástrojů a metod environmentálního managementu.

### Literatura

- EK: Skok kupředu díky pilotnímu programu EU pro ověřování environmentálních technologií (ETV). Brusel: Evropská komise, 2014, 8 s. ([https://ec.europa.eu/environment/ecoap/sites/ecoap\\_stayconnected/files/pdfs/etv\\_press\\_pack\\_sept\\_2014\\_cz\\_ld.pdf](https://ec.europa.eu/environment/ecoap/sites/ecoap_stayconnected/files/pdfs/etv_press_pack_sept_2014_cz_ld.pdf))
- Lonsdale, J., Verstraeten, Y., Vander, S., Nelen, D.: 4th Stakeholder Forum of the EU Environmental Technology Verification (ETV) Pilot Programme. Presentation. Brussels: European Commission, ICF, 2018, 58 p. ([www.ec.europa.eu/environment/ecoap/sites/ecoap\\_stayconnected/files/etv/files/documents/events/4th\\_stakeholder\\_forum\\_of\\_the\\_eu\\_environmental\\_technology\\_15.02.2018\\_public.pdf](http://www.ec.europa.eu/environment/ecoap/sites/ecoap_stayconnected/files/etv/files/documents/events/4th_stakeholder_forum_of_the_eu_environmental_technology_15.02.2018_public.pdf))

Ing. Jiří Študent, st., [uetv@cemc.cz](mailto:uetv@cemc.cz)

České ekologické manažerské centrum, Ul. 28. pluku 524/25, 101 00 Praha 10, Česká republika

# Environmentálne technológie v hutníctve železa a ocele

Legemza, J., Miškufová, A., Havlík, T.: *Environmental Technologies in the Iron and Steel Industry*. Životné prostredie, 2018, 52, 3, p. 152 – 163.

*Metallurgy, including the iron and steelmaking segments has extremely important roles in the world economy, and this creates a higher business profile for the Slovak Republic. The integral part of all business and human activities should be the ultimate protection of the environment, and this environmental protection should be independent of all society's production and social activities. This paper identifies the current and intended environmental activities and the goals of the European Union, industry and research and development sectors, and it focuses especially on metallurgical and environmental interaction. Our aim is to bring the current status and trends of iron and steel metallurgy to the closer attention of the scientific community, and therefore we examine these trends in relationship to iron and steel metallurgy and the environmental protective aspects in technology and innovation.*

*Key words: metallurgy, iron, steel, environment, environmental technologies*

Environmentálne otázky dnes zohrávajú pre priemysel a rozvoj spoločnosti omnoho väčšiu úlohu ako kedykoľvek predtým. V súčasnosti sa pozornosť svetových ekonomík orientuje najmä na energiu (energetickú efektívnosť technológií), suroviny a inovácie a, samozrejme, ľudské zdroje. Zároveň si môžeme všimnúť aj fenomén prepájania ekonomickej a environmentálnej politiky. V spoločnosti rezonujú tiež čoraz viac pojmy, ako udržateľný rozvoj, cirkulárna ekonomika, recyklácia, kritické suroviny, environmentálne technológie, ekológia, ekodizajn a pod. Spoločnosť si stále viac uvedomuje a zdôrazňuje potrebu energie, surovín, ich efektívneho využívania a zároveň ochrany životného prostredia. Tieto aspekty sa dotýkajú všetkých sfér života, nielen priemyslu. Ruka v ruku s týmito aktivitami sa vyvíja aj legislatívny tlak a celkové smerovanie a orientácia priemyselnej výroby, a tým aj výskumu a vývoja. Ťažobný priemysel a hutníctvo sa nachádza v ťažkej pozícii, keďže je na začiatku výrobného reťazca v spoločnosti a širšia verejnosť ho často nevníma alebo vníma viac negatívne alebo skreslene aj prostredníctvom médií. Zároveň má však silnú pozíciu, nakoľko dnes viac ako inokedy má vo vyspelej spoločnosti nezastupiteľnú úlohu vďaka rozvoju vyspelých technológií. Hutnícky priemysel má na Slovensku bohatú tradíciu a korene a v najväčšej miere sa podieľa na tvorbe HDP tejto krajiny. V súčasnej dobe, kedy rezonuje nedostatok energie a surovín, neefektívne hospodárenie so zdrojmi a znečistenie životného prostredia, je viac ako žiaduce, aby sa nielen odborná, ale aj celá spoločnosť oboznámila s významom potreby surovín, šetrenia zdrojmi, efektívneho využívania energie a surovín, výroby a spracovania kovov a recyklácie. Tieto aspekty sú tiež základnými piliermi stratégie EÚ a ostatných krajín sveta v oblasti surovínovej

politiky. Spoločnosť si zvykla na využívanie vyspelých technológií, ale tie nebudú fungovať bez kovov, a teda bez surovín a ich ťažby a hutníctva. Vyspelé ekonomiky sveta sú v prvom rade priemyselne silné krajiny s orientáciou na zabezpečenie dostatku surovín, výrobu kovov a produktov z nich s vyššou pridanou hodnotou. Cieľom tohto príspevku je poukázať na súčasné a plánované aktivity EÚ, priemyselnej sféry a výskumu v oblasti životného prostredia a zároveň popísať súčasný stav a trendy v hutníctve železa a ocele najmä vo vzťahu k environmentálnym technológiám.

## Legislatívna podpora zavádzania environmentálnych technológií

Environmentálne technológie sú v *Akčnom pláne pre environmentálne technológie* (ETAP – *Environmental Technologies Action Plan*; EC, 2004) definované ako všetky technológie, ktorých použitie je menej škodlivé pre životné prostredie ako využívanie zodpovedajúcich alternatívnych technológií. ETAP predstavuje jeden z podporných prostriedkov v rámci Lisabonskej stratégie (od roku 2000) a predsavzatie EÚ vytvoriť jednu z najdynamickejších, konkurencieschopných a poznatkovo orientovaných ekonomík sveta. ETAP bol prijatý Európskou komisiou (EK) v januári 2004 a následne potvrdený na zasadnutí Európskej rady 25. – 26. marca 2004. Hlavným cieľom ETAP sa stal rozvoj ekonomiky zavádzaním najmodernejších technológií a ekoinovácií, ktoré sú ohľaduplné k životnému prostrediu.

EK v oznámení z roku 2005 po prvýkrát určila integrovaný prístup k priemyselnej politike založený na konkrétnom pracovnom programe horizontálnych a odvetvových iniciatív. Táto politika, ktorá bola dôle-

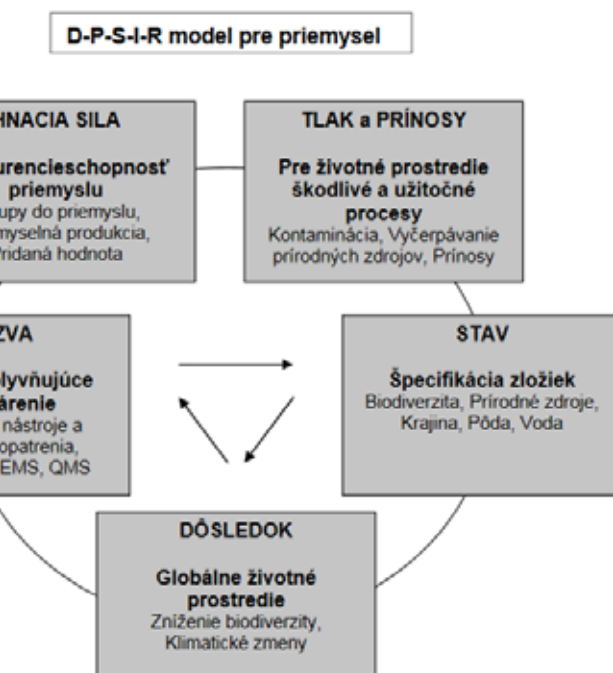


žitým pilierom Lisabonskej stratégie, je zakotvená v úsilí EÚ o zaistenie riadne fungujúceho vnútorného trhu, ako aj otvorených a konkurencieschopných trhov v celosvetovom meradle a v snahe reagovať na environmentálne výzvy. Nová priemyselná politika bola potvrdená v roku 2007 v oznámení EK (*Strednodobé hodnotenie priemyselnej politiky: Príspevok k stratégii EÚ pre rast a zamestnanosť*; EK, 2007). V roku 2010 bola schválená stratégia *Európa 2020: Stratégia na zabezpečenie inteligentného, udržateľného a inkluzívneho rastu* (EK, 2010a). V oblasti priemyslu bola prijatá iniciatíva *Integrovaná priemyselná politika vo veku globalizácie: Konkurencieschopnosť a udržateľnosť v popredí záujmu* (EK, 2010b), ktorej cieľom je priniesť novú priemyselnú politiku a prispôbiť výrobné procesy a produkty nízkouhlíkovému hospodárstvu. Hlavným cieľom priemyselnej politiky EÚ je presadzovať integráciu trvalo udržateľného rozvoja s činnosťami podporujúcimi súťaživosť v rámci EÚ, ako sú napr. podnikanie a inovácie. Environmentálne výzvy sú priamo prepojené s otázkami ekonomického vývoja.

Organizácia pre ekonomickú spoluprácu a rozvoj (OECD) v tejto súvislosti navrhla hodnotiť situáciu v životnom prostredí prostredníctvom environmentálnych indikátorov agregovaných podľa významu do štruktúry: tlak (*pressure* – P) – stav (*state* – S) – odozva (*response* – R). Základné kritériá stanovené OECD pre environmentálne indikátory boli (1) politická relevantnosť, (2) analytická jednoznačnosť a (3) merateľnosť ukazovateľov environmentálnej efektivity. Európska environmentálna agentúra prevzala a ďalej rozpracovala metodológiu hodnotenia stavu životného prostredia prostredníctvom P-S-R štruktúry navrhnujej OECD s tým, že do spomínanej štruktúry zapracovala ukazovatele hnacích síl (*driven forces* – D) a dôsledku (*impact* – I), čím sa vytvoril uzavretý kauzálny reťazec D-P-S-I-R predstavujúci základný metodologický nástroj integrovaného posudzovania životného prostredia (*Integrated Environment Assessment* – IEA) používaný pri posudzovaní stavu životného prostredia, jeho príčin, ako aj predpokladaných tendencií jeho vývoja do budúcnosti.

Model D-P-S-I-R pre sektor priemysel (obr. 1) je zjednodušeným vyjadrením reality. Existujú ďalšie vzťahy a faktory (napr. sociálno-ekonomické) významne ovplyvňujúce životné prostredie, ktoré však v modeli nie sú plne zahrnuté.

Na hodnotenie environmentálnej efektivity výroby v súlade s uvedenými princípmi a zachovaním konkurencieschopnosti EÚ zaviedla súbor šiestich indikátorov, ktorý sa týka priemyselnej výroby v členských krajinách EÚ, a to (EC, 2002):



Obr. 1. Základný metodologický nástroj pri hodnotení stavu životného prostredia pre sektor priemysel. Zdroj: Vall (2013)

Vysvetlivky: Model D-P-S-I-R: D – hnacie sily, P – tlak, S – stav, I – dôsledok, R – odozva; EMS – systém environmentálneho manažérstva, QMS – systém manažérstva kvality

rencieschopnosti EÚ zaviedla súbor šiestich indikátorov, ktorý sa týka priemyselnej výroby v členských krajinách EÚ, a to (EC, 2002):

1. emisie znečisťujúcich látok z priemyselnej výroby spôsobujúce acidifikáciu ovzdušia (*manufacturing emissions of the acidifying gases*);
2. emisie prekursorov ozónu (*emissions of ozone-predecessors*);
3. emisie skleníkových plynov z priemyslu (*industrial greenhouse gas emissions*);
4. výroba plynov poškodzujúcich ozónovú vrstvu (*production of ozone-depleting gases*);
5. spotreba energie v priemysle (*industrial energy consumption*);
6. spotreba surovín v priemysle (*industrial consumption of raw materials*).

Environmentálna efektivita je vzťah medzi ekonomickou aktivitou a s ňou spojenými negatívnymi vplyvmi na životné prostredie. Hlavným cieľom trvalo udržateľného rozvoja je oddeliť alebo prerušiť toto spojenie. Príslušný sektor ekonomickej činnosti sa stáva environmentálne efektívnym v prípade, ak sa darí zabezpečiť jeho ekonomický rast pri minimalizovaní jeho negatívnych environmentálnych dôsledkov na životné prostredie.

Podľa indikátorovej sektorovej správy o vplyve priemyslu na životné prostredie v roku 2013 nie sú v en-



Obr. 2. Dopyt po oceli v jednotlivých častiach sveta v rokoch 2017 – 2018. Zdroj: WSA (2017a; [www.worldsteel.org](http://www.worldsteel.org))

Vysvetlivky: EU-28 – krajiny Európskej únie, Other Europe – ostatné krajiny Európy, Africa – Afrika, NAFTA – Krajiny severoamerickej dohody o voľnom obchode, Central & South America – Stredná a Južná Amerika, CIS – Spoločenstvo nezávislých štátov (krajiny bývalého Sovietskeho zväzu), Middle East – Stredný Východ, Asia & Oceania – Ázia a Oceánia, World – svet

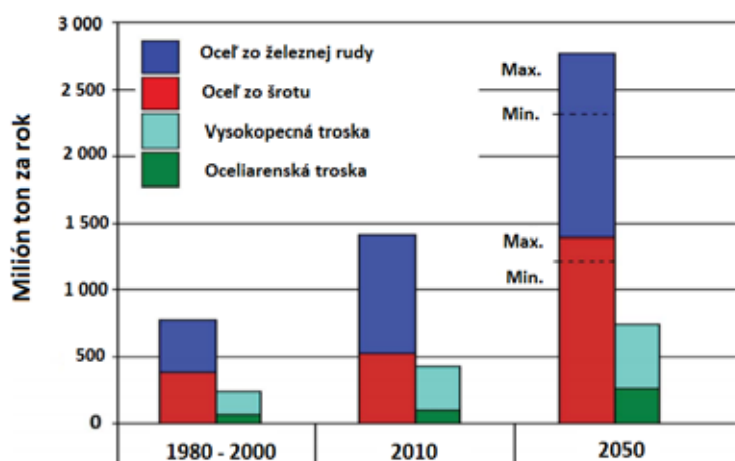
sku je stále nízka vzhľadom na pomalú reštrukturalizáciu priemyslu, nedostačujúce zavádzanie nových progresívnych technológií, ako aj pretrvávajúcu surovinovú a energetickú náročnosť (Vall, 2013).

Pri analýze potrieb Slovenska sa v rámci ETAP aktivity navrhlo, že pozornosť sa sústreďí najmä na technológie pre oblasti, ako znižovanie energetickej náročnosti výroby a výrobkov, alternatívne zdroje energie a palív, využitie odpadov ako zdroja energie a nové technológie na zhodnocovanie a zneškodňovanie nebezpečných odpadov. Nástupcom ETAP v roku 2011 je *Akčný plán ekologických inovácií*, ktorým sa rozširuje pozornosť EÚ od ekologických technológií do všetkých aspektov ekologických inovácií vrátane produktov a služieb ([www.enviportal.sk](http://www.enviportal.sk)). Výnimkou nie je v tomto prípade ani priemyselná výroba železa a ocele.

Tab. 1. Porovnanie objemu výroby železa a ocele v roku 2016

Produkt	Produkcija vo svete (mil. ton)	Produkcija v EÚ (mil. ton)	Produkcija v SR (mil. ton)
Surové železo	1 160	91,31	3,98
Oceľ	1 620	162,02	4,808

Zdroj: WSA (2017b; [www.worldsteel.org](http://www.worldsteel.org)); Huiting, Forssberg (2003); Takáčová, Miškufová (2011)



Obr. 3. Prognóza produkcie ocele vo svete v roku 2050. Zdroj: Andersson et al. (2013)

environmentálnej efektívnosti priemyslu Slovenska zrejme zásadnejšie prelomové tendencie, ktoré by signalizovali razantnejšie zavádzanie environmentálnych technológií. Environmentálna efektívnosť priemyslu na Sloven-

tách okolo 0,5 miliónov ton (Mt) ročnej kapacity. Výroba v elektrickej oblúkovej peci bude postupne vzrastať, nakoľko v obehu bude stále viac šrotu. Podiel výroby ocele vyrábanej konvertorovým spôsobom tvoril 75 % v roku

2015 a v oblúkovej peci 25 %, pričom v podmienkach krajín EÚ (EU28) tvorí podiel ocele vyrábanej v konvertore 61 % a v elektrickej oblúkovej peci 39 % (BIR, 2016).

Výroba železa a ocele je materiálovo a energeticky extrémne náročná a vplyvy na životné prostredie sú významné. Produkcia ocele v elektrickej oblúkovej peci použitím 100 % šrotu je menej energeticky náročná (4 – 6 GJ/t ocele) než výroba konvertorovým spôsobom (13 – 14 GJ/t ocele). Pri sledovaní surovínovej (materiálovej) bilancie výroby ocele môžeme dokumentovať nasledovné spotreby základných surovín: na 206 mil. ton ocele je potrebné 126 mil. ton železnej rudy, 5,3 mil. ton plynu a oleja, 17,7 % aditív, 33,2 mil. ton vápna, vápenca, dolomitu, 53,5 mil. ton uhlia vrátane uhlia pre výrobu koksu, 121 mil. ton šrotu (pre kyslíkový konvertor a elektrickú oblúkovú pec). Zároveň sa na uvedené množstvo vyrobenej ocele vyprodukuje 151 mil. ton plyných emisií (odplynov), procesných plynov a tuhých odpadov (okrem odpadových vôd).

Čo sa týka spotreby a manažmentu vôd, samozrejme, závisí to od miestnych pomerov a miery recirkulácie vody pri výrobe. Voda sa využíva najmä pri aglomerácii, na teplej a studenej valcovni, pri chladení a čistení vysokopecných odplynov, pri plynulom odlievaní ocele, pri morení a pokovovaní, čistení odpadových vôd a pod. Na 1 tonu ocele sa spotrebuje 100 až 200 m<sup>3</sup> vody. V prípade intenzívnej integrovanej recirkulácie vody v celom procese výroby tvorí spotreba vody len okolo 2,5 % z tejto hodnoty. Ako kladný príklad manažmentu vôd pri výrobe železa a ocele je možné uviesť bilanciu vody vo vybranom závode v roku 2005, ktorý spotreboval za rok 1,2 mld. m<sup>3</sup> vody. Miera recirkulácie tvorila 97,2 % a len 2,8 % bolo potrebné doplniť čerstvou vodou. Množstvo odpadovej vody bolo 1,2 % a straty tvorili 1,6 %.

Zhruba polovica materiálových vstupov pri výrobe železa a ocele prechádza vo výstupoch v podobe odchádzajúcich plynov a tuhých odpadov (sekundárnych produktov). Väčšina emisií, ktoré odchádzajú do ovzdušia, pochádza z uhlíkatých palív (uhlie, koks, zemný plyn, ropné produkty). V súčasnosti sme na mnohých miestach sveta (napr. v Číne, Indii, Južnej Amerike) svedkami takého znečistenia, ktoré neohrozuje iba životné prostredie, ale priamo ohrozuje aj zdravie a životy ľudí. Proces „ekologizácie“ metalurgických technológií sa v súčasnosti aktívne (na základe legislatívnych opatrení a prísnych limitov) realizuje iba v Európe, Severnej Amerike, juhozápadnej Ázii a Japonsku. Systematický tlak na výrobcov prináša postupnou modernizáciou metalurgických technológií a zariadení zásadné zlepšenie.

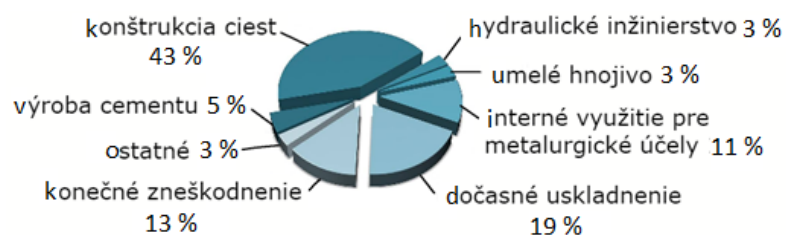
Minimalizáciu emisií a tuhých odpadov je však potrebné riešiť globálne (t. j. aj v regiónoch, kde emisie nie sú zatiaľ prekážkou, keďže sa na nich nevzťahujú prísne limity). V posledných rokoch sa environmentálne technológie pri výrobe železa, ocele a ferozliatin presadzujú aj v Číne a Brazílii, čo je vzhľadom na obrovské kapacity

vyrábaných produktov v týchto krajinách veľmi pozitívne.

Medzi kľúčové environmentálne aspekty výroby železa a ocele pre dva hlavné spôsoby výroby, a to aglomeráciu/peletizáciu – koksovanie – vysokú pec – kyslíkový konvertor a elektrickú oblúkovú pec, môžeme zaradiť (Remus et al., 2013; Gielen, Moriguchi, 2001):

- *aglomerácia a peletizácia* – emisie tuhých znečisťujúcich látok, ťažkých kovov, SO<sub>2</sub>, HCl, HF, polycyklických aromatických uhľovodíkov (PAH), perzistentných organických polutantov (POPs), najmä polychlórovaných byfenilov (PCB) a polychlórovaných dibenzo-dioxínov/dibenzo-furánov (PCDD/F). Aglomerácia je zodpovedná za približne polovicu emisií tuhých znečisťujúcich látok vyprodukovaných v celom procese výroby. Okrem znižovania emisií v procese aglomerácie a peletizácie je rovnako dôležitým aspektom pri riešení environmentálnych otázok aj efektívne využívanie tepla a tuhých odpadov alebo vedľajších produktov z týchto procesov, príp. spracovanie odpadových vôd z peletizácie;
- *koksovanie* – emisie z prípravných operácií uhlia na koksovanie, emisie priamo z procesu koksovania, rozptylové emisie z netesnosti pecí, vsádzkovačích a výstupných otvorov pri vsádzaní a vyberaní koksu z pecí a pod., z chladenia a úpravy koksu, manipulácie, transportu a skladovania. Koksovanie je významným zdrojom plyných organických polutantov, hoci moderné koksárenské batérie s uzavretým vodným systémom chladenia už tieto emisie vo väčšom množstve neprodukuje. Z koksárenských batérií sa môžu vyskytovať fugitívne emisie prchavých organických látok (*volatile organic compounds*, VOC), amoniaku a benzén-toluén-xylénu (BTX). Emisie tuhých znečisťujúcich látok a SO<sub>2</sub> sú generované v prípade používania koksárenského plynu ako paliva. V tomto prípade je potrebné odsírovanie plynu. Manažment vôd patrí k významným prioritám tohto procesu. Rovnako využitie koksárenského plynu vedie k významným úsporám energie v integrovanom procese výroby železa a ocele;
- *vysokopecný proces výroby železa* – významné emisie do ovzdušia vôd a produkcia tuhých odpadov. Proces spotrebuje najviac energie z celého integrovaného procesu oceliarskej výroby. Hlavným environmentálnym aspektom sú tuhé znečisťujúce látky, odpadové vody z čistenia vysokopecného plynu, emisie zo spracovania trosky ako sú SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S a tvorba zápachu, prachu a kalov;
- *výroba ocele v kyslíkovom konvertore* – emisie pochádzajú najmä z operácií, ako primárne a sekundárne odprašovanie, predúprava tekutého kovu, sekundárne spracovanie ocele a tuhých zvyškov z procesu. Odpadová voda pochádza buď z mokrého odprašenia spalín (ak sa aplikuje) a kontinuálneho odlievania ocele;





Obr. 4. Podiel využitia oceliarských trosiek v krajinách Európskej únie. Zdroj: <http://www.euroslag.com/PRODUCTS/STATISTICS/2012>

Tab. 2. Porovnanie približnej produkcie trosiek vo svete (vypočítané hodnoty na základe údajov o výrobe železa a ocele za rok 2016)

Produkt	Produkcija vo svete (mil. ton)	Produkcija v EÚ (mil. ton)	Produkcija v SR (mil. ton)
Vysokopecná troska	255,2 – 429,2	20,08 – 33,78	0,8756 – 1,47
Konvertorová troska	178,2 – 194,4	17,82 – 19,44	0,528 – 0,576

Zdroj: Huiting, Forssberg (2003); Takáčová, Miškuřová (2011)

- výroba ocele v elektrickej oblúčkovej peci – významné sú emisie do ovzdušia (anorganických oxidov železa a ťažkých kovov, POPs, napr. PCB a PCCD/F) a produkcia tuhých odpadov a vedľajších produktov, ako sú trosky a úlety. Z dôvodu toxicity a perzistencie majú tieto znečisťujúce látky veľmi negatívny vplyv na životné prostredie, zvieratá a človeka.

Oceliarské trosky ako jeden z hlavných predstaviteľov tuhých odpadov z výroby železa a ocele sa môžu zdať menej problematickým druhom odpadu kvôli relatívne vysokej miere recyklácie v niektorých krajinách EÚ (viac ako 90 % napr. vo Francúzsku). Trosky sa po demetalizovaní môžu použiť v stavebníctve alebo cestnom staviteľstve a pod. (obr. 4). Problémom je však najmä produkované množstvo (na 1 tonu surového železa pripadá 220 – 370 kg vysokopecnej trosky, na 1 tonu ocele pripadá 110 – 120 kg oceliarskej trosky, tab. 2) a nedostatočná miera reálneho uplatnenia značnej časti oceliarských trosiek v niektorých krajinách, trosiek z výroby vysoko legovaných a nehrdzavejúcich ocelí alebo z výroby ferozliatin (často aj kvôli prísnej legislatíve). Rôzne klasifikácie trosky spôsobujú obmedzenia v prípade cezhraničnej prepravy, ktoré následne ovplyvňujú dopyt po kúpe alebo využití trosky (EUROSLAG, EUROFER, 2012).

Druhým významným druhom tuhého odpadu z výroby železa a ocele sú úlety a kaly z čistenia plynov (vysokopecných, konvertorových a z elektrickej oblúčkovej pece). Tieto odpady patria podľa legislatívy EÚ medzi nebezpečné odpady, kvôli obsahu ťažkých kovov, najmä zinku. Na 1 tonu ocele vyrobenej v elektrickej oblúčkovej peci sa vyprodukuje zhruba 15 kg úletov a iba časť úletov (konvertorových) sa efektívne recykluje a využije napríklad opäť pri výrobe peliet/brikiet na výrobu železa. Účinné technológie ich recyklácie vo

svete najmä s ohľadom na zisk neželezných kovov (Zn) stále chýbajú (Turek, Havlík, 2016).

### Emisie v hutníctve železa a ocele

Ako už bolo spomenuté, pri porovnaní výroby ocele v integrovanom hutníckom cykle aglomerácia – vysoká pec – kyslíkový konvertor s hutníckym cyklom *minimill hute* na báze elektrickej oblúčkovej pece, vychádza ako energeticky náročnejší prvý zmieňovaný integrovaný cyklus. Z environmentálneho hľadiska je to tiež podobne. V nasledujúcom texte sú uvedené typické modelové príklady emisií štyroch technologických prevádzok v rámci výroby železa a ocele (*www.ippc.cz*; tab. 3).

#### Emisie v aglomeračnom hutníckom cykle

Pre aglomeračný závod je typické, že množstvo a druhy znečisťujúcich látok sú veľmi rôznorodé. Súvisí to s charakterom výroby, keď sa okrem primárnych homogenizovaných prachových rúd (tzv. aglorúd) a koncentrátov spracováva aj veľký počet druhotných železozosných materiálov. Vznikajúci aglomeračný plyn obsahuje hmotné častice (ťažké kovy, hlavne zlúčeniny železa), ale aj ďalšie zlúčeniny (hlavne s obsahom zinku a olova), alkalické chloridy, oxidy síry, oxidy dusíka, HCl, HF, uhľovodíky, CO<sub>2</sub> a CO. Aglomeračný plyn obsahuje aj stopové množstvá PAH a aromatických halogénových zlúčenín, ako sú PCDD/F a PCB. Okrem emisií z odpadového plynu vznikajú pri aglomeračnom procese aj prachové emisie z manipulácie, drvenia, preosievania a prepravy materiálov na výrobu aglomerátu (vrátane uhlíkatých materiálov). Tieto druhotné prachové emisie je možné znížiť optimalizovaním manipulačných a úpravárskych procesov a zavedením sekundárnych odsávacích systémov. Recyklovanie časti odpadového plynu z aglomeračného pásu môže významne znížiť množstvo odpadového plynu (cca o 28 %) a obmedziť emisie znečisťujúcich látok (cca o 20 – 30 %). Súčasne sa týmto postupom znižuje aj spotreba pevného paliva (prachového koksu) cca o 7 – 10 kg/t aglomerátu. Aglomerácia s optimalizáciou emisií sa vyvíja predovšetkým preto, aby sa znížil prietok odpadového plynu a taktiež hmotnostná koncentrácia emisií pevných častíc a PCDD/F. Prídavné odlučovacie zariadenie na ďalšiu úpravu odpadového plynu pred vypustením do atmosféry by spracovávalo menšie objemy za predpokladu úspor finančných a prevádzkových nákladov. Medzi súčasne environmentálne technológie v aglomerácii možno zaradiť aj čiastočnú náhradu (cca 10 – 20 %) prachového koksu odpadovou biomasou (Legemza a kol., 2015). Pri takýchto náhradách sa pri použití niektorých druhov

Tab. 3. Emisie vznikajúce pri výrobe aglomerátu, surového železa a ocele

Parameter	Jednotka SI	Výroba železorudného aglomerátu	Výroba surového železa	Výroba ocele v kyslíkovom konvertore	Výroba ocele v elektrickej oblúkovej peci
Výstupný plyn	Nm <sup>3</sup> /t produktu	1 500 – 2 500	1 200 – 2 000	500 – 1 000	200 – 1 200
Prach	kg/t produktu	0,4 – 15	7 – 40	12 – 23	5 – 30
PM <sub>10</sub>	g/t produktu	66 – 177	–	–	–
NO <sub>x</sub>	g/t produktu	300 – 1 030	30 – 120	5 – 20	120 – 240
SO <sub>2</sub>	g/t produktu	219 – 970	20 – 230	0,4 – 5,5	24 – 130
CO <sub>2</sub>	kg/t produktu	160 – 360	400 – 900	11 – 140	2 – 50
CO	kg/t produktu	9 – 38	300 – 700	7 – 16	0,7 – 4
Uhl'ovodíky	g/t produktu	35 – 400	130 – 300	–	–
VOC	g/t produktu	1,5 – 260	–	–	–
PAH	mg/t produktu	0,2 – 590	–	0,08 – 0,16	3,5 – 70
PCCD	µg/t produktu	0,15 – 16	0,001 – 0,004	0,001 – 0,11	0,07 – 9

Vysvetlivky: VOC – prchavé organické látky, PAH – polycyklické aromatické uhl'ovodíky, PCCD – polychlórované dibenzo-p-dioxíny.  
Zdroj: [www.ipcc.cz](http://www.ipcc.cz)

biomasy znižujú emisie oxidov uhlíka, dusíka a síry o 5 – 40 %.

Pre vysokopecnú výrobu surového železa je charakteristické použitie rôznych redukčných uhlíkatých činidiel: uhlíka (resp. uhl'ovodíkov) v podobe koksu, uhlia, oleja, zemného plynu alebo v súčasnej dobe v niektorých prípadoch aj plastov. Vysoká pec obsahuje tieto plyny: cca 20 – 28 % CO, 17 – 25 % CO<sub>2</sub>, 1 – 5 % vodíka, 50 – 55 % N<sub>2</sub>, oxidy síry, kyanidové zlúčeniny, PAH, polychlórované dibenzo-p-dioxíny a veľké množstvo prachu zo vsádzky. Emisie CO<sub>2</sub> pri výrobe surového železa značne závisia od druhov a množstiev redukčných činidiel (napr. koksu, uhlia, olejov, zemného plynu atď.), ktoré sa používajú vo vysokých peciach. Z tohto dôvodu implementoval hutnícky priemysel množstvo opatrení na celkové zníženie emisií skleníkových plynov, hlavne CO<sub>2</sub>. Technológia vysokopecnej výroby surového železa je v súčasnosti optimalizovaná tak, že potreba redukčných činidiel sa blíži až k minimálnej stechiometrickej potrebe. Spotreba energie sa neustále znižuje zavádzaním energeticky úsporného vybavenia do procesu a zlepšovaním účinnosti zariadení energetickej konverzie. Medzi súčasné technológie, ktoré intenzifikujú vysokopecný proces a znižujú jeho emisné zaťaženie, patrí priama injekcia redukčných činidiel cez výfučne. Znamená to, že časť koksu sa nahradí iným zdrojom uhlíka a uhl'ovodíkov. Tieto uhl'ovodíky môžu byť vo forme ťažkého topného oleja, olejových zvyškov, zrnitého alebo práškového uhlia, zemného plynu, odpadových plastov a biomasy. Táto technológia priamo znižuje spotrebu koksu, celkové znečistenie a znižuje aj spotrebu energie.

Na podobnej myšlienke ako je recyklovanie časti odpadového plynu z aglomeračného pásu sú založené aj výskumy recyklácie vysokopecného plynu. V rámci výskumných projektov ULCOS sa v laboratórnych a poloprevádzkových podmienkach recykluje vysoko-

kopecný plyn naspäť do vysokej pece. Technológia by využívala čistý kyslík (O<sub>2</sub>) a opakovane by sa injektoval plynný oxid uhoľnatý (CO). V druhom stupni čistenia vysokopecného plynu sa zachytený CO<sub>2</sub> stlačí a pripraví na uloženie v geologických útvaroch, napr. v ropných poliach alebo v poliach ťažby zemného plynu, v neťažiteľných uhoľných slojoch, v minerálnych uhličitanoch, alebo sa použije na priemyselné účely. Technológia je pripravená na použitie v priemyslovom rozsahu.

Pri výrobe ocele v kyslíkovom konvertore sa fúka kyslík a produktom chemických reakcií v plynenej forme je konvertorový plyn. Proces výroby ocele v kyslíkovom konvertore je zdrojom predovšetkým prachu, tuhých odpadov (trosky) a odpadovej vody. Konvertorový plyn majoritne obsahuje oxid uhoľnatý (CO) a veľké množstvo tuhých častíc (obsahujúcich hlavne oxidy kovov vrátane ťažkých kovov), relatívne malé množstvá oxidov síry (SO<sub>2</sub>) a oxidy dusíka (NO<sub>x</sub>). Okrem toho sa emituje aj veľmi malé množstvo PCDD/F a PAH. V závislosti od kvality použitého ocelového šrotu sa môžu v emisiách z konvertorového plynu objavovať aj ďalšie organické škodliviny, ako napr. PCB a chlórbenzény (olejov, farieb, mazív alebo plastov). Plyny, ktoré sa vytvoria v priebehu fúkania kyslíka (tzv. konvertorový plyn), obsahujú veľké množstvo oxidu uhoľnatého. V mnohých oceliarnach sa prijali opatrenia na rekupeáciu konvertorového plynu a jeho využitie ako zdroja energie. Systémy otvoreného spaľovania zavádzajú do potrubia spalín konvertora vzduch, a dochádza tak k spaľovaniu CO. Pri potlačenom (čiastočnom) spaľovaní sa do potrubia spalín nedostáva vzdušný kyslík a zabraňuje sa tým dopáleniu CO. Spaliny bohaté na CO sa môžu čistiť a skladovať na ďalšie využitie ako palivo. Použitie konvertorového plynu v spojení s vysokopecným a koksárenským plynom (t. j. plynných produktov

troch metalurgických technológií) prináša podstatné výhody, pokiaľ umožňuje náhradu väčšieho množstva primárnych energetických zdrojov, ako napr. zemného plynu. Zvolený typ rekuperácie (čiastočné, resp. úplné spaľovanie) ovplyvňuje emisie. Keď sa použije čiastočné (resp. potlačené) spaľovanie, môže sa dosiahnuť nižšia koncentrácia tuhých častíc (5 – 10 mg/Nm<sup>3</sup>).

Z hľadiska zníženia emisnej záťaže výroby ocele na životné prostredie sú v súčasnosti zaujímavé riešenia v oblasti čistého tvarového odlievania ocele. Táto technológia predstavuje plynulé odlievanie ocele v kombinácii s priamym valcovaním za tepla, chladením a navíjaním pásov bez priebežného ohrevu v peci. Môže byť využitá na výrobu tenkých brám s hrúbkou do 15 mm.

#### Emisie z elektrickej oblúkovej pece

Elektrické oblúkové pece majú v koncepcii moderných oceliarní v súčasnosti významné miesto a do budúcnosti sa predpokladá ďalšie zvýšenie produkcie ocele touto technológiou. Pri výrobe ocele v elektrickej oblúkovej peci vznikajúci plyn obsahuje CO<sub>2</sub>, CO, veľké množstvo tuhých častíc (obsahujúcich hlavne oxidy kovov vrátane ťažkých kovov), relatívne malé množstvá SO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub>. V závislosti od kvality použitého ocelového šrotu sa môžu v plynných emisiách z elektrickej oblúkovej pece objavovať aj ďalšie organické škodliviny, ako napr. PCB a chlórbenzény z dôvodu tepelného rozkladu organických materiálov (olejov, farieb, mazív alebo plastov). V prípade využitia čierneho uhlia (antracitu) sa môžu pred spálením odplyňovať zlúčeniny, ako napr. benzén.

V posledných rokoch je stále viac nových elektrických oblúkových pecí vybavených systémom pre predhrievanie ocelového šrotu odpadovým plynom s cieľom rekuperovať energiu. Predhrievanie šrotu (pri teplotách cca 800 až 1 000 °C) sa úspešne používa hlavne v krajinách s vysokými nákladmi na elektrickú energiu, napr. v Japonsku. Toto predhrievanie sa realizuje buď v zavážacích košoch šrotu, alebo v zavážacej šachte (šachtovej peci Simetal EAF Quantum) pripojenej k elektrickej oblúkovej peci, alebo na špeciálne navrhnutom systéme prepravy šrotu, ktorý umožňuje realizovať plynulé zavážanie v priebehu procesu tavenia (napr. proces CONSTEEL a ESC). V kombinácii s pokročilou úpravou odpadového plynu zohráva predhrievanie ocelového šrotu významnú úlohu pri optimalizácii výroby ocele v elektrickej oblúkovej peci, a to nielen zvýšenou produktivitou, ale tiež minimalizáciou emisií. Ako vedľajší efekt predhrievania šrotu sa znižujú emisie prachu o cca 20 %, pretože odpadový plyn musí prechádzať šrotom, ktorý pôsobí ako filter. Tým sa zvyšuje obsah zinku v prachu, ktorý sa môže efektívnejšie recyklovať, a zlepšujú sa ekologické parametre výroby ocele v elektrickej oblúkovej peci.

Proces znižovania emisií CO<sub>2</sub> (alebo aspoň spomalenia jeho rastu v spojitosti s neustálym zvyšovaním prie-

myselnej produkcie) je v súčasnosti aktuálny aj v hutníckej prvovýrobe železa a ocele. Táto otázka je však problematická, nakoľko sa v súčasnosti nerieši globálne pre celý sektor metalurgie na svete, ale len pre určité regióny. Dôsledkom tohto stavu by bola delokalizácia hutníckej výroby ocele (napr. z Európy a USA) do krajín, kde emisie CO<sub>2</sub> nie sú zatiaľ prekážkou (napr. India, Čína, krajiny Južnej Ameriky). Aj keď sa za posledných 30 rokov výrazne znížili v metalurgickom sektore v niektorých krajinách emisie CO<sub>2</sub> (až o 40 %), neustále zvyšovanie objemu výroby ocele v celosvetovom meradle bude nútiť tento sektor na ďalšie výraznejšie zníženie CO<sub>2</sub>. To sa dá dosiahnuť v rámci výskumu a vývoja nových technológií alebo reštrukturalizáciou energetickej a surovinovej základne dnešných technológií (Legemza a kol., 2015).

V rámci projektu ULCOS (zníženie emisií CO<sub>2</sub> v hutníctve železa a ocele o 50 %) sa počíta s využitím biomasy, nahradením redukoviadiel na báze uhlíka vodíkom z elektrolýzy vody a zachytávaním (konzervovaním/sekvestráciou CO<sub>2</sub>). Z posúdenia reálne uskutočniteľných projektov vyplýva, že hlavným prostriedkom výraznejšieho zníženia emisií CO<sub>2</sub> v integrovanom cykle hutníctva železa a ocele budú v blízkej budúcnosti technológie, založené na recyklácii energetických zdrojov a druhotných surovín, náhrady koksu uhlím a zemným plynom.

Ďalšou možnosťou je prechod od integrovaných hutníckych cyklov k *minimill* hutiam, ktoré sú založené na recyklácii ocelového šrotu, resp. používaní redukovaných produktov, označovaných DRI – *direct reduced iron* (priamo redukovaného železa) a HBI – *hot briquetted iron* (za horúca briketizovaného železa) v elektrickej oblúkovej peci. Kým v prípade intenzifikačných a reštrukturalizačných opatrení v integrovanom hutníckom cykle výroby železa a ocele nemožno čakať výrazné zníženie emisií CO<sub>2</sub> (max. do 30 % z dôvodu potreby stále veľkého množstva metalurgického koksu v tomto cykle), vývojom nových technológií (napr. produktov DRI, HBI na báze redukcie zemným plynom a uhlím) a prechodom na výrobu ocele v elektrickej oblúkovej peci možno dosiahnuť výraznejšiu redukciu CO<sub>2</sub>. Tieto technológie sú v súčasnosti minoritné, a preto nedokážu výraznejšie znížiť emisie uhlíka v globálnej mierke, nakoľko sa na redukciu používajú uhlíkaté materiály. Preto sa posledných cca pätnásť rokov vyvíjajú technológie, ktoré by znížili množstvo CO<sub>2</sub> o viac ako 50 %. Medzi takéto najdôležitejšie technológie posledných rokov patria ULCOS – BF, Hisarna, ULCORED, ULCOWIN – ULCOLYSIS. Dlhodobu sa skúmajú dva nové bezuhlíkaté procesy výroby ocele: *Molten Oxide Electrolysis* (MOE – tavná oxidová elektrolýza) a *Hydrogen Flash Smelting* (HFS – bleskové vodíkové tavenie). Očakáva sa, že tieto technológie prispievajú k redukcii emisií CO<sub>2</sub> o 30 % v blízkej budúcnosti a o 70 % a viac v dlhodobom výhľade.



Základnou normou súčasnej priemyselnej výroby je čo najúspornejšie využívanie všetkých druhov energií a čo najdokonalejšie zužitkovanie surovín. Súčasným trendom v priemysle je uvádzanie nových, resp. premena existujúcich výrobných procesov na tzv. maloodpadové postupy, ktoré zahŕňujú aj plné zužitkovanie vedľajších produktov výroby. Jedným z vážnych ekologických problémov hutníckych závodov sú jemnozrnné kovonosné materiály. Ich spracovanie v podobe druhotnej suroviny by okrem využitia kovonosnej zložky mohlo vyriešiť aj ekologické problémy a problémy so skladovaním. V minulosti sa už na Slovensku riešili mnohé výskumné úlohy s cieľom spracovať oceliarske kaly a prachy redukčnou alebo chloračnou cestou vo forme peliet alebo metalizovaných aglomerátov. Tieto cesty napriek pozitívnym laboratórnym skúškam prinášali v prevádzkových podmienkach technologické a ekologické problémy, ktoré sa dali vyriešiť len zvýšenými prevádzkovými nákladmi a technicko-konštrukčnými úpravami existujúcich zariadení, čo majitelia výrobných prevádzok neboli ochotní akceptovať. Súčasnú využívanie druhotných železonosných materiálov je na Slovensku len vo forme pridávania do vstupov aglomeračného, vysokopecného a oceliarskeho procesu, čo v konečnom a dlhodobom dôsledku spôsobuje celý rad technologických a technických problémov. Príklady zo sveta ukazujú, že najvýhodnejším technologickým, ekonomickým a ekologickým riešením je spracovanie a využitie týchto druhotných materiálov v samostatnej metalurgickej technológii (napr. Waelzov proces, Primus, OXYCUP, PLASMAMELT atď.). Na druhej strane z uvedených technológií je reálne najviac rozšírený len Waelzov proces.

### Environmentálne aspekty výroby železa a ocele na Slovensku

Na Slovensku sa za posledných cca dvadsať rokov znížili emisie. Prvým dôvodom absolútneho poklesu emisií znečisťujúcich látok do ovzdušia bol pokles hrubého domáceho produktu, a to najmä priemyselnej produkcie. Ďalšími dôvodmi boli prechod z hnedého uhlia a ťažkej ropy na vysokoakostné fosílné palivá (zemný plyn) a zavedenie vyspelejších technológií (napr. separácie tuhých častíc a odsírovania). Pokles emisií ťažkých kovov spôsobilo taktiež uzavretie zastaraných hutníckych zariadení a zavedenie efektívnych odprašovacích a separačných technológií. Odber vôd priemyslom poklesol z dôvodu úpadku a reštrukturalizácie priemyselnej výroby. Tvorba odpadov z priemyslu však narastala. Nositeľom rastu technologickej úrovne priemyslu na Slovensku bude v nasledujúcich rokoch najmä strojársky priemysel a v jeho rámci automobilový priemysel. V dôsledku poklesu surovinovej a energetickej náročnosti priemyselnej výroby sa výraznejšie zníži i environmentálna záťaž ťažobného a energetického priemyslu.

V metalurgickom priemysle sa na Slovensku v posledných rokoch investovali milióny eur do environmentálnych technológií. V ďalšom texte sú uvedené príklady environmentálnych a ekologických akcií v závodoch na výrobu železa, ocele a ferozliatin:

**Železiarne Podbrezová, a. s.**, v posledných rokoch zrealizovali akcie týkajúce sa zlepšenia životného prostredia, zamerané najmä na:

- modernizáciu skladovacích objektov a zariadení, ako aj na izolačné úpravy skladovacích a manipulačných plôch na zabezpečenie bezpečnej manipulácie so znečisťujúcimi látkami a eliminovanie negatívneho dopadu na životné prostredie pri mimoriadnych udalostiach;
- modernizáciu čistiarní odpadových vôd s cieľom maximálnej redukcie znečisťujúcich látok obsiahnutých vo vypúšťaných odpadových vodách;
- využitie, úpravu, resp. zmenu vlastností produkovaných odpadov a ich preklasifikovanie na surovinu, materiál, resp. výrobok (využitie trosky, okují z výroby ocele a oceľových výrobkov);
- znižovanie energetickej náročnosti zdrojov znečisťovania ovzdušia;
- znižovanie vypúšťaných emisií do ovzdušia rekonštrukciou a realizáciou nových odprašovacích a odsávacích zariadení výrobných technológií ocele, valcovaných a presne ťahaných oceľových rúr v súlade s využitím najlepších dostupných techník.

**U. S. Steel Košice, s. r. o.**, v posledných rokoch zrealizoval akcie týkajúce sa znižovania negatívnych vplyvov na životné prostredie a celkovej ekologizácie výroby, zamerané najmä na:

- výstavbu vákuovacieho zariadenia na výrobu nízkouhlíkovej ocele;
- realizáciu vodného chladiaceho systému na teplej valcovni;
- konštrukciu elektrostatických odlučovačov prachu, napr. na spekáciách pásach v rámci aglomerácie;
- rekonštrukciu kotlov na spaľovanie energetického uhlia;
- inštaláciu zariadenia na primárne, ako aj sekundárne odprašenie oceliarske – toto zariadenie zahŕňa najnovšie technológie pre konvertory a je prevádzkované ako súčasť systému zachytávania a chladenia plynov, ktorý podstatne znižuje emisie produkované pri výrobe ocele;
- hermetické utesnenie prevádzky Chémia v divíznom závode Koksovňa;
- odprašenie odlievarene na vysokej peci;
- odsírenie koksárskeho plynu a ďalšie.

**Oravské ferozliatinárske závody, a. s., závod Široká** v posledných rokoch zrealizovali akcie týkajúce sa znižovania negatívnych vplyvov na životné prostredie a celkovej ekologizácie výroby, zamerané najmä na:

- rekonštrukciu chladičov spalín pre elektrické oblúkové pece;

Tab. 4. Projekty na Fakulte materiálov, metalurgie a recyklácie Technickej univerzity v Košiciach zamerané na zlepšenie environmentálnych aspektov metalurgickej výroby

Projekt	Partner	Výsledok
Znižovanie energetického zaťaženia a emisií CO a CO <sub>2</sub> pri výrobe aglomerátu	VEGA a USSK	v laboratórnych podmienkach boli znížené emisie CO a CO <sub>2</sub> o 10 %
Vplyv biomasy na aglomeračný proces a kvalitu životného prostredia	APVV	pri náhradách koksu odpadovou biomasou sa znížili emisie oxidov uhlíka, dusíka a síry o 5 – 40 %
Zužitkovanie oceliarskych trosiek na výrobu portlandského cementu	KU Leuven, Belgicko	vyvinutá nová technológia na spracovanie oceliarskych trosiek
Eliminácia zinku procesom chlorácie	USSK	experimentálnym vývojom bola navrhnutá nová technológia na spracovanie železoznosných odpadov
Výskum štrôdrovaného piesku	SiCon GmbH, Nemecko	v laboratórnych podmienkach bola navrhnutá nová technológia na spracovanie podsitých materiálov zo štrôdrovania karosérii áut
Výskum tavenia trosiek z plazmových technológií	ScanArc Plasma Technologies AB, Švédsko	experimentálnym vývojom bola optimalizovaná technológia na získavanie kovov z plazmových trosiek
Spracovanie a recyklácia oceliarskych úletov s obsahom ťažkých neželezných kovov	VEGA	v laboratórnych podmienkach základný výskum možných procesov recyklácie oceliarskych úletov
Univerzitný vedecký park TECHNICOM pre Inovačné aplikácie podporené znalostnými technológiami, ITMS: 26220220182, Aktivita 3.5 Pilotné projekty v oblasti Environmentálneho Inžinierstva (PP4)	Operačný program Výskum a vývoj ERDF	laboratórne orientovaný vývoj novej technológie spracovania a recyklácie oceliarskych úletov na podmienky Slovenska
Spracovanie priemyselných odpadov s cieľom získať predajné produkty na báze zinku, cínu a olova	APVV	aplikovaný výskum zameraný na vývoj a testovanie vyvinutej technológie recyklácie priemyselných odpadov na báze Zn, Sn, Pb
Laboratórium spracovania priemyselných odpadov	Železiarne Podbrezová Výskumno-vývojové centrum, s. r. o., Podbrezová	vyvinutá, vybudovaná a prevádzkovaná poloprevádzková linka na hydrometalurgické spracovanie priemyselných odpadov na ÚRT (testovaná na úletoch z elektrických oblúkových pecí)
Projekt Horizont 2020: CHROMIC Efektívna úprava a hydrometalurgické získavanie kovov z menej kvalitných kovonosných druhotných surovín ( <i>effiCient mineral processing and Hydrometallurgical RecOvery of by-product Metals from low-grade metal contaIning seCondary raw materials</i> )	Horizont 2020 (CHROMIC)	riešené úlohy (WP3 a WP4) v rámci projektu Horizont 2020 na ÚRT: vývoj technológie na intenzifikáciu lúhovania Cr, V, Mo, Nb z trosiek z výroby ocele, nehrdzavejúcej ocele a ferozliatin a na získanie kovov z roztoku elektrometódami

Vysvetlivky: VEGA – Vedecká grantová agentúra MŠVVaŠ SR a SAV; USSK – U. S. Steel Košice, a. s.; APVV – Agentúra na podporu výskumu a vývoja; KU Leuven – Katolícka univerzita v Leuvene; ÚRT – Ústav recyklačných technológií Fakulty materiálov, metalurgie a recyklácie Technickej univerzity v Košiciach

- inováciu filtračných hadíc pre tkaninové filtre na zachytávanie tuhých znečisťujúcich látok;
- modernizáciu technológií odprašovania v rôznych stupňoch výrobného procesu vrátane odlievania vyrobených ferozliatin;
- realizáciu bezodpadových technológií, kedy sa efektívne metalurgicky využívajú napr. trosky z výroby FeMnC na výrobu FeSiMn, spoločnosť spracováva 100 % vytvorených aj iných odpadov.

#### Environmentálne aspekty a technológie výroby železa a ocele v rámci výskumných aktivít

V rámci výskumných aktivít Technickej univerzity v Košiciach (TUKE) sa na Fakulte materiálov, metalur-

gie a recyklácie (FMMR, bývalej Hutníckej fakulte) v posledných rokoch realizovali viaceré výskumné projekty, ktoré boli zamerané na zníženie environmentálnej záťaže pri výrobe železa, ocele a ferozliatin (tab. 4). Niektoré príklady inovačných výstupov vybraných projektov:

*Výskumné projekty Ústavu metalurgie Fakulty materiálov, metalurgie a recyklácie TUKE v oblasti aglomerácie zamerané na znížovanie energetického zaťaženia a emisií CO a CO<sub>2</sub> a na náhradu koksu biomasou pri výrobe železozrudného aglomerátu (riešené v rokoch 2012 – 2018)*

Najdôležitejšie výsledky a inovácie (Legemza a kol., 2015; Legemza et al., 2015):

- na základe realizácie vysokoteplotných spekaní na

laboratórnej spekacej panvičke sa určil vplyv náhrady prachového koksu vybranými druhmi biomasy na efektivitu spaľovania a kvalitu vyrobeného železoruďného aglomerátu. Poukázalo sa na doteraz nevyužitú možnosť zníženia spotreby energie a emisného zaťaženia pri výrobe železoruďného aglomerátu;

- konkrétne výsledky z riešenia výskumných úloh dokazujú, že drevným uhlím je možné nahradiť prachový koks na úrovni od 20 – 50 % s malým vplyvom na kvalitu aglomerátu, zatiaľ čo druhy odpadovej biomasy (napr. drevné piliny) majú úroveň náhrady obmedzenú na 10 – 20 %. Pri takýchto náhradách sa pri použití niektorých druhov biomasy znižujú emisie oxidov uhlíka, dusíka a síry o 5 – 40 %;
- vytvoril sa nový výučbový program na modelový výpočet množstiev CO a CO<sub>2</sub>;
- inovoval sa model laboratórneho spekania, ktorý umožňuje vizuálne sledovanie zóny horenia v spekanej vrstve pomocou termovíznej kamery;
- bol inovovaný program na online monitorovanie parametrov aglomeračného procesu;
- laboratórna spekacia panvička bola doplnená a inovovaná zariadením na odlučovanie prachu;
- model laboratórnej spekacej panvičky bol doplnený a inovovaný o vysokoteplotnú priehľadnú stenu, ktorá aktuálne umožňuje vizuálne sledovanie zóny horenia v spekanej vrstve pri výrobe železoruďného aglomerátu aj za použitia biomasy;
- v priebehu riešenia projektu sme poukázali na využitie tradičných a alternatívnych palív v metalurgii.

**Výskumný projekt Ústavu metalurgie Fakulty materiálov, metalurgie a recyklácie TUKE na zužitkovanie oceliarskych trosiek na výrobu portlandského cementu realizovaný v spolupráci s Katolíckou univerzitou v Leuvene v Belgicku (riešené v rokoch 2016 – 2018)**

Najdôležitejšie výsledky a inovácie (Legemza et al., 2016; Legemza et al., 2017a, b):

- v rámci výskumu sa vyvinula nová technológia výroby portlandského cementu spekacím procesom, ktorá nepotrebuje externý zdroj tepla (ako napr. v prípade výroby portlandského cementu v rotačnej peci);
- v rámci vysokoteplotného spekania Fe trosky na laboratórnej spekacej panvičke sa získal produkt, ktorý má podobné chemické a mineralogické zloženie ako niektoré druhy najkvalitnejších portlandských cementov;
- pri tejto technológii sa znižujú ekonomické náklady výroby portlandského cementu, keďže produkt sa vyrába z druhotného materiálu;
- pri tejto technológii sa znižujú emisie CO a CO<sub>2</sub>, keďže produkt sa vyrába s nižším množstvom interného paliva, ktoré je prítomné v druhotnom materiáli.

**Výskumný projekt Ústavu metalurgie Fakulty materiálov, metalurgie a recyklácie TUKE zameraný na spracovanie oceliarskych úletov procesom chlorácie realizovaný v spolupráci s U. S. Steel Košice, s. r. o, (riešené v rokoch 2006 – 2008)**

Najdôležitejšie výsledky a inovácie (Legemza a kol., 2006; Legemza a kol., 2007; Legemza a kol., 2008):

- bolo realizovaných cca 80 vysokoteplotných chloračných experimentov, ktorých výsledky možno použiť na vývoj a realizáciu novej maloodpadovej technológie spracovania oceliarskych úletov;
- konkrétne výsledky z riešenia výskumného projektu ukazujú, že chloračným procesom možno získať vysokopecné pelety s obsahom zvyškového obsahu Zn a Cl na úrovni 0,05 – 0,1 %;
- na potreby prevádzkového využitia procesu chlorácie bola navrhnutá originálna technológia spracovania plyných chloridov ZnCl<sub>2</sub> a PbCl<sub>2</sub>;
- pri tejto technológii sa znižujú emisie CO a CO<sub>2</sub> v rámci procesov výroby železa a ocele, keďže produkt sa nevyrába za prítomnosti uhlíkatých palív a redukoviadiel.

**Výskumný projekt v oblasti recyklácie odpadov z výroby železa a ocele na Ústave recyklačných technológií Fakulty materiálov, metalurgie a recyklácie TUKE**

Medzinárodný projekt Horizont 2020 ([www.chromic.eu](http://www.chromic.eu)):

Jednou z prioritných úloh v rámci medzinárodnej spolupráce na Ústave recyklačných technológií (ÚRT) FMMR TUKE je riešenie projektu Horizont 2020 (CHROMIC podporený EÚ z Výskumno-inovačného programu prostredníctvom grantu č. 730 471, riešený v rokoch 2016 – 2020), ktorý je zameraný na vývoj technológií na efektívnu recykláciu trosiek z výroby ocele a ferrochrómu. Cieľom projektu CHROMIC je spracovať trosky pomocou hydrometalurgických metód, získať cenné kovy, ako chróm, vanád, niób, molybdén, a inertný matricový materiál, vhodný na materiálové využitie napr. ako stavebného produktu. Úlohou ÚRT v tomto projekte je aplikáciou intenzifikačných metód lúhovania (inovácia v aplikovaní ozónu a vysokofrekvenčného poľa) dosiahnuť v maximálnej miere uvoľnenie uvedených kovov z odolnej matrice trosiek a späťne tieto kovy získať z výluhov pomocou elektro-metód (Kuruc a kol., 2018; Vindt et al., 2017).

**Národný projekt APVV (aplikovaný výskum) riešený na Ústave recyklačných technológií Fakulty materiálov, metalurgie a recyklácie TUKE a spolupráca s praxou na báze spoločného Laboratória spracovania priemyselných odpadov ([www.lspo.sk](http://www.lspo.sk))**

Ďalšou prioritnou úlohou ÚRT v rámci spolupráce s praxou a riešenia národného projektu aplikovaného výskumu Agentúrou na podporu výskumu a vývoja je spracovanie úletov z elektrickej oblúkovej pece. Úle-



ty z elektrickej oblúkovej pece patria podľa legislatívy EÚ a Slovenska medzi nebezpečný odpad, pričom na druhej strane môžu byť cennou surovinou, keďže obsahujú aj cenné kovy (Zn, Fe, Pb, Cr a i.). Ročná produkcia úletov z elektrickej oblúkovej pece na Slovensku je približne 7 000 ton. V súlade s potrebami znižovania miery skládkovania nebezpečných odpadov, efektívnejším využívaním domácich surovín a strategickými plánmi Slovenska a EÚ v oblasti predchádzania vzniku odpadov sa recyklácia úletov z elektrickej oblúkovej pece stáva nevyhnutnou. Projekt sa rieši vo vybudovanom spoločnom Laboratóriu spracovania priemyselných odpadov, založenom v roku 2013 na základe spolupráce medzi ÚRT a Železiarňami Podbrezová Výskumno-vývojovým centrom, s. r. o., v Podbrezovej. Základnou myšlienkou projektu je spracovať úlety z elektrickej oblúkovej pece a iné priemyselné odpady, získať komerčne využiteľné produkty, redukovať množstvo nebezpečných odpadov alebo ich transformovať do nie nebezpečnej formy. Recykláciou odpadov s obsahom Zn možno dosiahnuť zníženie environmentálnej záťaže a významný ekonomický profit. Pyrometalurgický spôsob je ekonomický pri spracovaní viac ako 150 000 ton za rok, pričom hydrometalurgický už pri spracovaní okolo 15 000 ton ročne, čo sa dá na Slovensku dosiahnuť. Preto je projekt založený na hydrometalurgickom spôsobe, ktorého výhody sú: vysoká flexibilita, možnosť použitia rôznej vsádzky, nižšie investičné a prevádzkové náklady, vysoká čistota produktov a žiadne plynné emisie. Cieľom projektu je vývoj technológie hydrometalurgického procesu recyklácie odpadov s obsahom Zn (resp. iných kovov, ako Sn alebo Pb) s cieľom získať predajné produkty  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ , ZnO, elektrolytický Zn a pod. (Vindt et al., 2017).

\* \* \*

Výroba železa a ocele je nesmierne dôležitým sektorom pre rozvoj Slovenska nielen v modernom európskom priestore, ale v celosvetovom meradle. Výroba železa a ocele je energeticky, materiálovo aj environmentálne veľmi náročná a spôsobuje zásahy do životného prostredia. Zlepšovanie a implementácia nových technológií si vyžadujú dlhodobé a strategické investície a systematický výskum, vývoj a inovácie. Slovensko závisí od dovozu väčšiny surovín na výrobu železa a ocele a treba sa prikláňať k maximálnemu využitiu domácich druhotných surovín a najmä k recyklácii odpadov. Nesporným faktom je, že hutníctvo železa a ocele je jedným z pilierov nášho národného hospodárstva, a treba k tomu tak aj pristupovať. Investície do zlepšovania technológií a riešenie environmentálnych aspektov majú byť nevyhnutnou súčasťou fungovania moderných závodov. Napriek tomu, že emisie  $NO_x$  a  $SO_2$  nepatria medzi významné škodliviny pri výrobe železa a ocele (ide najmä o redukčné procesy a väčšina síry

prechádza do trosky), treba neustále pracovať najmä na znižovaní emisií tuhých znečisťujúcich látok, skleníkových plynov, organických látok a ťažkých kovov. Vo vyššej miere je potrebné podporovať a zavádzať recykláciu a efektívnejšie využitie oceliarskych trosiek, oceliarskych úletov a ďalších druhov odpadov, vody a pod. Aj keď sa za posledné roky dá sledovať zvýšenie aktivity priemyslu na Slovensku pri podpore výskumu a zavádzania environmentálnych technológií, žiada sa výraznejší posun najmä pri znižovaní energetickej náročnosti výroby, efektívnejšom využívaní tepla, zvyšovaní miery využitia odpadov pri výrobe (potreba pružnejšej legislatívnej podpory) a v neposlednom rade aj miery zavádzania inovačných technológií. Na druhej strane však možno pozorovať snahy o zvýšenie miery využívania alternatívnych zdrojov energie aj v hutníckom priemysle a priemysle ako celku (vodík, biomasa, odpady a pod.). Dôležitým aspektom do budúcnosti bude okrem emisií skleníkových plynov, spotreby energie a surovín aj vzhľadom na environmentálne aspekty výroby železa a ocele a otázku udržateľného rozvoja hutníckeho priemyslu kvalita koksovateľného uhlia v podmienkach EÚ. Aj v dôsledku toho sa od roku 2014 koksovateľné uhlie dostalo do zoznamu kritických surovín pre EÚ. V oblasti environmentálnych aktivít a na udržanie hospodárskeho rastu je na Slovensku nevyhnutné vo väčšej miere posilňovať recyklačné aktivity v priemysle, výskume, vývoji a implementáciu environmentálnych a inovačných projektov do praxe.

*Príspevok vznikol v rámci Operačného programu Výskum a vývoj vďaka podpore projektu Univerzitný vedecký park TECHNICOM pre inovačné aplikácie s podporou znalostných technológií – II. fáza, kód ITMS: 313011D232, spolufinancovaného zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja. Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe riešených projektov č. APVV-14-0591 Spracovanie priemyselných odpadov s cieľom získať predajné produkty na báze zinku, cínu a olova, APVV-16-0513 Zníženie energetickej a environmentálnej záťaže výroby železorudného aglomerátu náhradou fosílného paliva odpadnou biomasou a Vedeckou grantovou agentúrou MŠVVaŠ SR a SAV na základe projektu č. 1/0847/16 Možnosti a optimalizácia využitia biomasy v aglomeračnom procese a zníženie celkovej ekologickej záťaže výroby železorudného aglomerátu.*

## Literatúra

- Andersson, G., Sperle, J.-O., Hallberg, L., Almemark, M., Lindfors, L.-G., Ekdahl, Å., Larsson, J., Johansson, B., Johansson, H., Kaplin, C., Schedin, E.: Environmental Evaluation of Steel and Steel Structures. Handbook of Engineers, Researchers and University Students. Stockholm: Jernkontoret, 2013, 112 p.
- BIR (Bureau of International Recycling): World Steel Recycling in Figures 2011 – 2015. Steel Scrap – A Raw Material for Steelmaking. Brussels: Bureau of International Recycling, Ferrous Division, 2016, 40 p. ([www.birsv.org/fileadmin/service/markt\\_und\\_branchedaten/weltstatistik\\_2011\\_2015.pdf](http://www.birsv.org/fileadmin/service/markt_und_branchedaten/weltstatistik_2011_2015.pdf))

- EC: European Competitiveness Report 2002. Competitiveness and Benchmarking. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2002, 126 p.
- EC: Environmental Technologies Action Plan. Brussels: European Commission, 2004, 3 p.
- EK: Strednodobé hodnotenie priemyselnej politiky. Príspevok k Stratégii EÚ pre rast a zamestnanosť. Brusel: Európska komisia, 2007, 15 s. (<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0374:FIN:SK:PDF>)
- EK: Európa 2020. Stratégia na zabezpečenie inteligentného, udržateľného a inkluzívneho rastu. Brusel: Európska komisia, 2010a, 35 s. (<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM%3A2010%3A2020%3AFIN%3ASK%3APDF>)
- EK: Integrovaná priemyselná politika vo veku globalizácie: Konkurencieschopnosť a udržateľnosť v popredí záujmu. Brusel: Európska komisia, 2010b, 35 s. (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ŠK/TXT/PDF/?uri=CELEX:52010DC0614&from=SK>)
- EUROSLAG, EUROFER: Position Paper on the Status of Ferrous Slag: Complying with the Waste Directive (Articles 5/6) and the REACH Regulation. Duisburg: The European Slag Association, Brussels: The European Steel Association, 2012, 19 p. ([http://www.euroslag.org/fileadmin/\\_media/images/Status\\_of\\_slag/Position\\_Paper\\_April\\_2012.pdf](http://www.euroslag.org/fileadmin/_media/images/Status_of_slag/Position_Paper_April_2012.pdf))
- Gielen, D. J., Moriguchi, Y.: Environmental Strategy Design for the Japanese Iron and Steel Industry. A Global Perspective. Tsukuba: University of Tsukuba, 2001, 104 p. ([www.docplayer.net/26730615-Environmental-strategy-design-for-the-japanese-iron-and-steel-industry-a-global-perspective.html#show\\_full\\_text](http://www.docplayer.net/26730615-Environmental-strategy-design-for-the-japanese-iron-and-steel-industry-a-global-perspective.html#show_full_text))
- Huifing, S., Forssberg, E.: An Overview of Recovery of Metals from Slags. Waste Management, 2003, 23, p. 933 – 949.
- Kuruc, P., Miškufová, A., Havlík, T.: Potenciál metalurgických trosiek ako suroviny pre zisk kovov. Laubertová, M., Heželová, M. (eds.): Materiálové recyklácie priemyselných odpadov. Košice: Technická univerzita v Košiciach, 2018, s. 60 – 69.
- Legemza, J., Fröhlichová, M., Findorák, R.: Tradičné a alternatívne palivá v metalurgii. Košice: Technická univerzita v Košiciach, 2015, 286 s.
- Legemza, J., Fröhlichová, M., Findorák, R.: The Use of Traditional and Alternative Carbonaceous Fuels in the Production of Agglomerates. In: Konstanciak, A. (ed.): Selected Directions of Development of Metallurgical Technology. Czestochowa: Czestochowa University of Technology, 2015, p. 37 – 60.
- Legemza, J., Findorák, R., Čižmárová, M., Semanová, Z.: Research of Material Based on PetritT. Final Report No. P-102-003816, P-102-004016. Košice: Technická univerzita v Košiciach, 2016, 57 p.
- Legemza, J., Findorák, R., Čižmárová, M., Semanová, Z.: Research of Material Based on PetritT – Optimalization (2nd Stage). Final Report No. P-102-005616, P-102-005716. Košice: Technická univerzita v Košiciach, 2017a, 66 p.
- Legemza, J., Findorák, R., Čižmárová, M., Semanová, Z., Džupková, M., Leško, J.: Research of Material Based on PetritT. The Sinterings for Semi-Pilot Verification of the Technology (3rd Stage). Final Report No. P-102-002917. Košice: Technická univerzita v Košiciach, 2017b, 70 p.
- Legemza, J., Fröhlichová, M., Fröhlich, L., Vadász, P., Rabatin, L., Findorák, R., Džupková, M., Demeter, P.: Eliminácia zinku procesom chlorácie – 2. etapa. Laboratórne experimenty v statickej vrstve. Košice: Technická univerzita v Košiciach, 2007, 101 s.
- Legemza, J., Fröhlichová, M., Fröhlich, L., Vadász, P., Rabatin, L., Findorák, R., Džupková, M., Demeter, P., Čižmárová, M., Forrai-ová, L.: Eliminácia zinku procesom chlorácie – 1. etapa. Teoretické a termodynamické štúdium. Košice: Technická univerzita v Košiciach, 2006, 132 s.
- Legemza, J., Fröhlichová, M., Fröhlich, L., Vadász, P., Rabatin, L., Findorák, R., Džupková, M., Demeter, P., Baricová, D., Demeter, J., Bulko, B., Janák, G., Vojtko, M.: Eliminácia zinku procesom chlorácie – 3. etapa. Laboratórne experimenty v statickej vrstve: Spracovanie majoritných konvertorových jemných kalov a prachov. Košice: Technická univerzita v Košiciach, 2008, 119 s.
- Remus, R., Aguado Monsonet, M., Roudier, S., Delgado Sancho, L.: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Iron and Steel Production. Seville: European Commission Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies, 2013, 597 p.
- Takáčová, Z., Miškufová, A.: Základné informácie o odpadoch. Košice: Equilibria, s. r. o., 2011, 236 s.
- Turek, P., Havlík, T.: Materiálové zhodnotenie odpadu s obsahom zinku pochádzajúceho z Waelzovho procesu. In: Takáčová, Z., Vindt, T. (eds.): Materiálová recyklácia priemyselných odpadov. Košice: Univerzitná knižnica Technickej univerzity v Košiciach, 2016, s. 103 – 114.
- Vall, J.: Priemysel a jeho vplyv na životné prostredie v Slovenskej republike k roku 2011. Indikátorová sektorová správa. Banská Bystrica: Slovenská agentúra životného prostredia, 2013, 52 s.
- Vindt, T., Turek, P., Takáčová, Z., Havlík, T.: Model of Pilot Plant for Hydrometallurgical Processing of Industrial Waste: Possibilities of Selective Zinc Recovery from EAF Dust. In: Oráč, D. (ed.): Quo Vadis Recycling. Košice: Technická univerzita v Košiciach, 2017, p. 365 – 374.
- WSA (World Steel Association): World Steel Short Range Outlook 2016 – 2017. Dubai: World Steel Association, 2016, 3 p. ([www.worldsteel.org/media-centre/press-releases/2016/worldsteel-short-range-outlook-2016---2017.html](http://www.worldsteel.org/media-centre/press-releases/2016/worldsteel-short-range-outlook-2016---2017.html))
- WSA (World Steel Association): World Steel Short Range Outlook 2017 – 2018. Brussels: World Steel Association, 2017a, 5 p. ([www.worldsteel.org/media-centre/press-releases/2017/worldsteel-Short-Range-Outlook-2017-2018.html](http://www.worldsteel.org/media-centre/press-releases/2017/worldsteel-Short-Range-Outlook-2017-2018.html))
- WSA (World Steel Association): Steel Statistical Yearbook 2017. Brussels: World Steel Association, 2017b, 123 p. ([www.worldsteel.org/en/dam/jcr:3e275c73-6f11-4e7f-a5d8-23d9bc5c508f/Steel+Statistical+Yearbook+2017.pdf](http://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:3e275c73-6f11-4e7f-a5d8-23d9bc5c508f/Steel+Statistical+Yearbook+2017.pdf))

**doc. Ing. Jaroslav Legemza, PhD.,**

[jaroslav.legemza@tuke.sk](mailto:jaroslav.legemza@tuke.sk)

**Ústav metalurgie Fakulty materiálov, metalurgie a recyklácie Technickej univerzity v Košiciach, Letná 9, 042 00 Košice**

**prof. Ing. Andrea Miškufová, PhD.,**

[andrea.miskufova@tuke.sk](mailto:andrea.miskufova@tuke.sk)

**prof. Ing. Tomáš Havlík, DrSc.,**

[tomas.havlik@tuke.sk](mailto:tomas.havlik@tuke.sk)

**Ústav recyklačných technológií Fakulty materiálov, metalurgie a recyklácie Technickej univerzity v Košiciach, Letná 9, 042 00 Košice**

# Nanomateriály a ich využitie v environmentálnych technológiách

Porubská, J., Mariychuk, R.: Nanomaterials and their Application in Environmental Technology. *Životné prostredie*, 2018, 52, 3, p. 164 – 174.

*Global deterioration in environmental quality from continuous anthropogenic activity is the impetus for innovations in conventional environmental technology. Nanotechnology provides a promising opportunity to revolutionise environmental remediation techniques, produce sustainable devices for effective alternative energy sources and perform safe industrial technology. Nanotechnology uses the special properties of nanoscale materials or particles such as high surface area, firmness, low weight, small size and the ability to catalyse and to penetrate cell membranes. Innovative technology based on nanomaterials can bring significant cost and time reduction, decreased or no adverse effects on the environment and more effective methods. Despite such promising expectations, the nanotechnology, and especially environmental technology, used in remediation techniques have not been applied as rapidly as desired. This may have been because of worries about nanomaterials' ultimate effects following their release into the environment. This paper provides a brief overview of the benefits and possible threats of nanomaterials introduced in environmental technology.*

**Key words:** nano-materials, environmental nanotechnology, application, asset, risk

Posledné desaťročie zaznamenalo bezprecedentný rozvoj nanotechnológií ako kľúčových technológií umožňujúcich ich rozšírenie vo všetkých oblastiach činností od základného výskumu až po priemyselný rozvoj. Množstvo a rozmanitosť komerčných výrobkov na báze nanomateriálov (NMs) rastie rýchlo, pričom sa očakáva ich mimoriadny nárast najmä v nasledujúcich rokoch. Rastúce množstvo výrobkov na báze nanotechnológií na trhu má za následok zvyšujúcu sa pravdepodobnosť výskytu NMs aj v životnom prostredí (Clemente et al., 2018).

## Nanomateriály a nanotechnológie

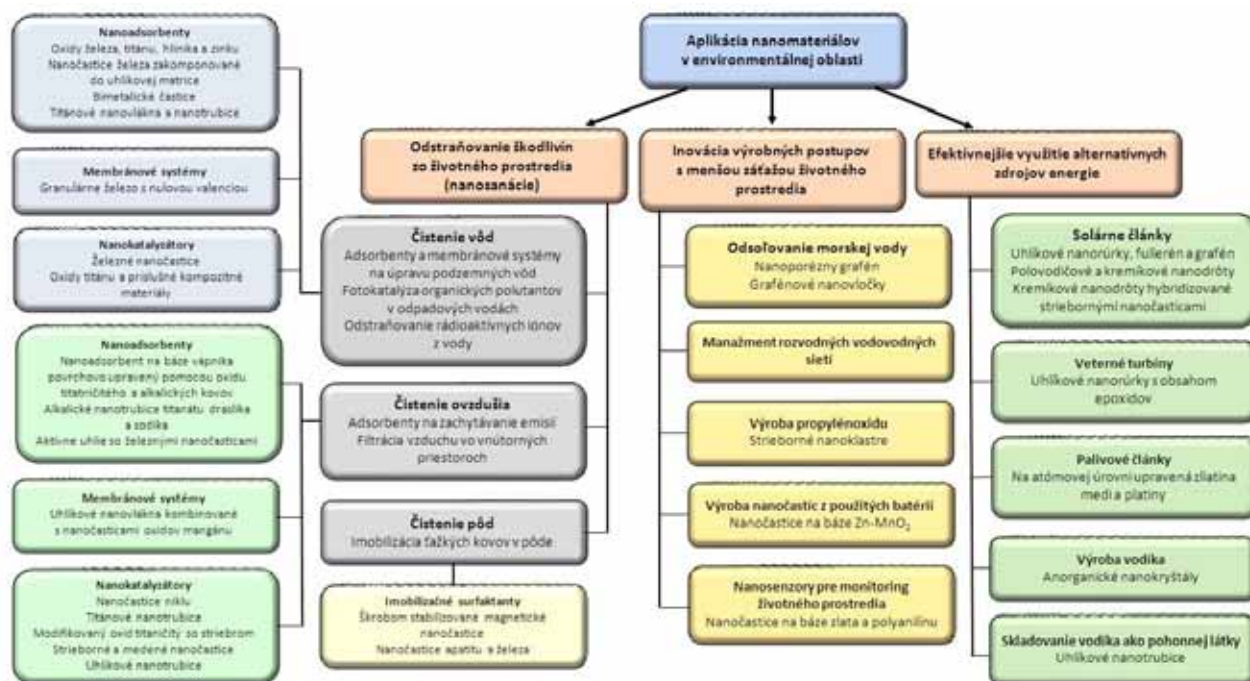
Klasická definícia hovorí, že nanotechnológie sú metódy, ktoré sú založené na časticiach vo veľkosti nanometrov (nm), t. j. časticiach s veľkosťou blízkou veľkosti atómov, s cieľom vytvoriť nové štruktúry, zariadenia alebo materiály (Lens et al., 2013). Častice s veľkosťou na úrovni nanometrov často vykazujú odlišné chemické či fyzikálne vlastnosti na rozdiel od vlastností, ktoré dané materiály zvyčajne vykazujú vo svojej bežnej veľkosti. Nanotechnológie využívajú práve tieto špecifické vlastnosti materiálov, častíc a štruktúr menších ako 100 nm na vytvorenie nových užitočných objektov (Boverhof et al., 2015). V dôsledku intenzívneho štúdia sa definícia nanomateriálov zmenila a medzinárodná organizácia pre normalizáciu definuje „nanoobjekt“ ako samostatný kus materiálu s jedným, dvoma alebo tromi vonkajšími rozmermi veľkosti 1 – 100 nm, pričom druhý a tretí vonkajší roz-

mer sú kolmé na prvý rozmer a na seba navzájom. Podľa normy ISO/TS 80004-1:2015 sú NMs materiály s akýmkoľvek vonkajším rozmerom vo veľkosti nanometrov alebo s vnútornou štruktúrou alebo povrchovou štruktúrou v rozsahu nanometrov ([www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:ts:80004:-1:ed-2:v1:en](http://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:ts:80004:-1:ed-2:v1:en)).

Hlavným účelom nanotechnológií je poskytnúť trvalejšie, bezpečnejšie, modernejšie a k životnému prostrediu šetrnejšie výrobky pre domácnosť, medicínu, dopravu, poľnohospodárstvo, priemysel a komunikačné technológie (Karkare, 2010). Nanotechnológie nám prinášajú veľmi účinné a flexibilné multifunkčné procesy, ktoré poskytujú inovatívne metódy na obnovu a nahradenie zastaranej infraštruktúry a umožňujú navrhnúť výkonné a nenákladné postupy na riešenie dnešných globálnych problémov, ktoré už budú menej závisieť od veľkej infraštruktúry (Ibrahim et al., 2016).

NMs sú zložené z nanočastíc (NPs), ktoré môžeme klasifikovať na základe rôznych hľadísk. Z pohľadu priestorového usporiadania ich delíme na nulorozmerné (kvantové bodky), jednorozmerné (tenké monovrstvy využívané napr. v solárnych článkoch, optických kábloch, chemických senzoroach), dvojrozmerné (uhlíkové nanorúrky) a trojrozmerné (fullerén, dendriméry). Nielen veľkosť ale aj tvar ovplyvňuje vlastnosti NPs. Podľa tvaru rozlišujeme nanoklietky, nanokryštály, nanopásky, nanovlákná, nanorúrky nazývané tiež nanotrúbice, nanodrôty, kvantové bodky a nanokompozity (Dhand et al., 2015).

Vlastnosti NMs závisia v prvom rade od ich charakteru, veľkosti, tvaru, štruktúry a materiálu. Medzi



Obr. 1. Prehľad aplikácií nanotechnológií v environmentálnej oblasti

najviac oceňované a vyzdvihované vlastnosti patrí veľký špecifický povrch, ďalej sú to optické, katalytické a elektrické (napr. polovodiče, vodiče) vlastnosti a tiež lepšie mechanické či magnetické vlastnosti. Vlastnosti NMs sú v porovnaní s rovnakým materiálom v bežnej makrovelkosti úplne iné alebo zlepšené, napr. prírodný materiál grafit, známy vodič s krehkou štruktúrou, a jeho nanoštruktúrna forma grafén, ktorý má niekoľkonásobne vyššiu pevnosť pri nižšej hmotnosti, a pritom si zachováva vlastnosti elektrickej vodivosti.

### Aplikácia nanomateriálov v environmentálnych technológiách

Celosvetové zhoršovanie kvality vody, ovzdušia a pôdy uvoľňovaním toxických látok do prostredia v dôsledku antropogénnej činnosti je závažným problémom (Ibrahim et al., 2016). Predpokladá sa, že nanotechnologické produkty a procesy by mohli významne prispieť k ochrane životného prostredia a klímy prostredníctvom úspor surovín, energie a vody, ako aj znížením skleníkových plynov a obmedzením produkcie nebezpečných odpadov ([www.nanowork.com/nanotechnology-and-the-environment.php](http://www.nanowork.com/nanotechnology-and-the-environment.php)). Nanotechnologické postupy, ktoré sú aplikované na prevenciu alebo zníženie poškodenia životného prostredia, nazývame environmentálne nanotechnológie (Ibrahim et al., 2016). Tieto technológie využívajú špecifické fy-

zikálne a chemické vlastnosti NMs na výrobu nových ekologických výrobkov alebo riešenie environmentálnych problémov (napr. sanácie vôd).

V súčasnej dobe sa mnoho štúdií a výskumov sústreďuje na aplikáciu NMs v environmentálnej oblasti s cieľom zmierniť dopady antropogénnej činnosti alebo zlepšiť environmentálne technológie, avšak praktické využitie týchto metód chýba. Je to spôsobené najmä obavami zo sekundárneho znečistenia životného prostredia NMs a aj chýbajúcimi štúdiami o účinku NMs na ľudské zdravie. Väčšina uvedených metód sa uskutočnila v laboratórnych podmienkach (obr. 1).

Príkladom spotrebného využitia NMs sú výrobky s dlhšou životnosťou, resp. ochranou voči mechanickému namáhaniu alebo poveternostným vplyvom, nátery na báze nanotechnológií odolné voči nečistotám a vode s cieľom znížiť frekvenciu čistenia, nové izolačné materiály na zlepšenie energetickej účinnosti budov, pridávanie NPs do materiálov s cieľom znížiť ich hmotnosť, a tým ušetriť energie na prepravu. Použitie NMs preto sľubuje určité prínosy pre ochranu a udržateľnosť životného prostredia ([www.nanowork.com/nanotechnology-and-the-environment.php](http://www.nanowork.com/nanotechnology-and-the-environment.php)), aj keď nepriame.

Väčší význam na zlepšenie súčasného stavu životného prostredia majú nanotechnológie aplikované na odstránenie polutantov vo väčšom rozsahu. Environmentálne nanotechnológie sa zavádzajú do troch



technologických oblastí: na odstraňovanie škodlivín z ovzdušia, pôdy a vody, na zlepšenie výrobných postupov s cieľom znížiť ďalšie znečistenie životného prostredia a na zefektívnenie využitia alternatívnych energetických zdrojov ([www.understandingnano.com/environmental-nanotechnology.html](http://www.understandingnano.com/environmental-nanotechnology.html)), napr. odstránenie alebo prinajmenšom obmedzenie ďalšej kontaminácie skládok nebezpečnými látkami, znečisťovania morí ropnými únikmi, kontaminácie prostredia z výroby a priemyselných lokalít a súkromných nehnuteľností, ktoré reprezentujú globálne problémy a predstavujú vážne riziko ohrozenia zdravia populácie a kvality životného prostredia (Corsi et al., 2018).

### Nanosanácie

Nanosanácie alebo aj nanoremediácie, teda sanácie založené na využívaní NMs, sú konkrétnym príkladom aplikácie nanotechnológií, ktoré sú pre životné prostredie naozaj prínosné. Využívajú špeciálne navrhnuté NMs na čistenie znečistených médií – pôdy, vody, vzduchu, podzemných a odpadových vôd. V porovnaní s najznámejšími konvenčnými technikami sanácie *in situ*, akými sú tepelné spracovanie, úprava prečerpávaním, chemická oxidácia vrátane bioremediácií, ktoré sú drahé, časovo náročné a iba čiastočne účinné, sú nanosanácie menej nákladné a účinnejšie, ako aj ekonomicky udržateľné čistiace metódy. Nanotechnológie umožňujú úpravu kontaminovaných médií v podmienkach *in situ*, pričom v priebehu čistenia minimalizujú použitie ďalších chemikálií. Sú založené na zvláštnych vlastnostiach NPs a NMs, t. j. na ich vysokej reaktivite a veľkom povrchu, čo im umožňuje odstrániť široké spektrum znečisťujúcich látok vrátane organohalogenovaných zlúčenín, uhlíkových a ťažkých kovov.

### Čistenie vôd

Znečistenie vôd je spôsobené organickými látkami, patogénmi, priemyselným odpadom obsahujúcim ťažké kovy, rôznymi aniónmi a inými látkami. Za znečisťujúce látky považujeme tie, ktoré boli do vody pridané, nerozložia sa prirodzene a menia vlastnosti vody. Medzi základné fyzikálne operácie na čistenie vody radíme koaguláciu, flokuláciu, sedimentáciu, filtráciu, destiláciu, iónovú výmenu, deionizáciu, reverznú osmózu a dezinfekciu. Najčastejšie využívané materiály sú sedimentačné filtre, aktivované uhlie, koagulanty, iónomeniče, keramika, aktivovaná alumina ( $Al_2O_3$ ), organické polyméry a hybridné materiály. Oproti konvenčným metódam úpravy vôd, ktoré sú nákladné a môžu spôsobiť sekundárnu kontamináciu životného prostredia toxickými látkami (Ibrahim et al., 2016), sa nanotechnológie javia ako robustnejšie a účinnejšie metódy, pričom prekonávajú obmedzenia existujúcich tradičných metód vďaka možnosti podľa potreby prispôbovať vlastnosti používaných

NMs. Hlavné postupy nanotechnológie uplatňované v tomto sektore sa spoliehajú na schopnosti NMs takmer úplne degradovať niektoré typy rezistentných látok. Existujú tri hlavné typy NMs používané v tomto sektore (Corsi et al., 2018):

- nanoadsorbenty na báze uhlíkových alebo kovových NMs. Aplikácia týchto materiálov je vysoko účinná na adsorpciu organických polutantov a tiež na odstraňovanie kovov, a to vďaka extrémne veľkému povrchu, dostupnejším sorpčným miestam v NMs;
- membránové systémy na báze nanovláken alebo nanokompozitov, ktoré umožňujú zlepšiť priepustnosť membrán, odolnosť voči znečisteniu, mechanickú a tepelnú stabilitu a poskytnúť nové funkcie na degradáciu kontaminantov;
- nanokatalyzátory so zameraním na fotokatalyzátory, akým je napr. oxid titaničitý ( $TiO_2$ ). Táto aplikácia na čistenie odpadových vôd umožňuje rýchle a účinné odstraňovanie kovov a niekoľkých typov organických znečisťujúcich látok, ako napr. uhlíkových, kyseliny perfluóroktánovej, liečiv a znečisťujúcich látok osobnej spotreby, ako aj baktérií rezistentných na antibiotiká.

Nanosanácie podzemných vôd rozširujú možnosti aplikácie NMs a zvyšujú účinnosť sanácií v *in situ* podmienkach. Tento spôsob úpravy vôd môže byť veľmi účinný na odstraňovanie nečistôt veľmi blízko zdroja znečistenia, ale kvôli vysokým nákladom na reagenty nie je vhodný na sanácie veľkých plôch, ktoré sú napr. spôsobené prienikom morskej vody alebo majú poľnohospodársky pôvod (dusičnany a fosfáty). Doteraz sa uskutočnilo niekoľko štúdií, ktoré sa zaoberajú sanáciou podzemných vôd pomocou NMs (Corsi et al., 2018), ako lacné a účinné adsorbenty na úpravu vody sa skúmali oxidy kovov (napr. oxidov titánu, železa, zinku, hliníka a pod.). Princíp je založený na naviazaní nečistoty na povrch NPs oxidu kovu a jej následnej oxidácii pomocou ožiarenia viditeľným svetlom (Ibrahim et al., 2016). Aj keď sa preskúmalo mnoho rozličných materiálov, najčastejšie sa na čistenie podzemných vôd používajú NPs na báze železa buď vo forme samotných častíc železa, alebo ako kompozitné materiály, ktoré vykazujú dobré výsledky. Ide napr. o železné častice s nulovou valenciou v nano- alebo mikrovelikosti a NPs oxidov železa, ako napr. minerálu goethit na sorpciu ťažkých kovov a ferihydrit na zlepšenú degradáciu organických kontaminantov pomocou mikroorganizmov (Corsi et al., 2018). Príkladom kompozitných NMs na báze železa je komerčný materiál s názvom CARBO-IRON®, v ktorom sú NPs železa s nulovou valenciou zakomponované do uhlíkovej matrice s cieľom zlepšiť mobilitu a zacielenie na kontaminanty, ďalej sú to bimetalické častice a emulgované železo s nulovou valenciou.

Granulárne železo s nulovou valenciou vo veľkosti milimetrov je jedno z najúspešnejších činidiel, ktoré sa nasadzuje do permeabilných reaktívnych bariér. Použitie týchto bariér patrí medzi pasívne technológie čistenia kontaminovaných podzemných vôd *in situ* podmienkach, ktoré sa využívajú celosvetovo. Avšak inštalčné a konštrukčné obmedzenia bránia širokej aplikácii tejto technológie, keďže napr. odstraňovanie kontaminantov vo veľkej hĺbke je nemožné. Navyše permeabilné reaktívne bariéry sa zameriavajú len na kontaminované vody a nemôžu byť použité na priame čistenie zdroja kontaminácie.

V posledných rokoch sa výskumné projekty zamerané na aplikáciu NPs železa s nulovou valenciou snažia zlepšiť najmä ich stabilitu voči agregácii, krátkodobú a dlhodobú mobilitu v podzemných vodách a predĺženie ich životnosti v reálnych podmienkach (pod zemským povrchom). Napríklad v rámci 7. rámcového programu EÚ sa robil výskum, ktorý potvrdil, že materiály na prírodnej báze, ako napr. guarová a xantánová guma, sú vhodné na stabilizáciu a transport týchto častíc. Ďalšie projekty sa zameriavajú na pochopenie princípu transportu a ukládanie NPs v životnom prostredí, na zvýšenie ich mobility a tiež na dlhodobú bezpečnosť pri aplikácii týchto sannačných technológií v praxi (Corsi et al., 2018).

NPs železa sú účinné najmä pri čistení organických rozpúšťadiel v podzemnej vode tým, že sú schopné priamo sa dispergovať v celom objeme podzemnej vody a rozkladať organické rozpúšťadlá. Táto metóda môže byť oveľa efektívnejšia a menej nákladná ako klasické metódy čistenia, pri ktorých sa čistenie uskutočňuje odčerpávaním vody z pôdy ([www.understandingnano.com/environmental-nanotechnology.html](http://www.understandingnano.com/environmental-nanotechnology.html)).

Medzi odpadové znečisťujúce látky olejového charakteru patria znečistenia z fažby ropy, zemného plynu, rafinérií a ropných havárií. Mnohé z týchto látok sú vysoko toxické. Metódou fotokatalýzy možno dosiahnuť rozklad týchto látok – alifatických, aromatických uhľovodíkov, polymérov, farbív a surfaktantov na CO<sub>2</sub>, vodu a minerálne kyseliny. Princíp fotokatalýzy je založený na použití polovodiča, zvyčajne TiO<sub>2</sub>, oxidu zinočnatého (ZnO), oxidu volfrámového (WO<sub>3</sub>) a i., na ktorom po dopade žiarenia (fotónu) vzniknú elektrón-dierové páry. Po reakcii s vodou tvoria diery voľné radikály, ktoré zabezpečujú oxidáciu nežiaducich organických látok. Viaceré výskumy potvrdzujú, že polovodičové vlastnosti TiO<sub>2</sub> sú účinnejšie, ak veľkosť jeho častíc klesne pod 10 nm. (Liu et al., 2017).

Na zvýšenie účinnosti fotokatalýzy sa uskutočňujú aj výskumy zamerané na modifikáciu nanočastíc TiO<sub>2</sub>. Testujú sa napr. kompozitné materiály, ktoré sa vytvárajú nanosením TiO<sub>2</sub> na adsorbent zeolit alebo grafén. Rovnako sa hľadajú riešenia na zníženie energetickej náročnosti tejto metódy závislej od využitia

UV žiarenia, kde sa hľadajú alternatívne zdroje žiarenia, napr. diódy emitujúce svetlo a prírodné slnečné žiarenie (Liu et al., 2017).

Vedci pracujú tiež na nanotechnologických riešeniach zameraných na likvidáciu rádioaktívneho odpadu, konkrétne na využití titanátových nanovláknien ako absorbentov na odstraňovanie rádioaktívnych iónov z vody. Výskumníci uvádzajú, že unikátne štruktúrne vlastnosti titanátových nanotrubic a nanovláknien z nich robia vynikajúce materiály na odstránenie rádioaktívnych céznych i jódových iónov z vody ([www.nanowerk.com/nanotechnology-and-the-environment.php](http://www.nanowerk.com/nanotechnology-and-the-environment.php)).

### Využitie nanotechnológií vo vodnom hospodárstve

Vedcom sa podarilo pripraviť nanoporézny grafén a využiť ho ako selektívnu membránu, ktorú možno použiť na odsoľovanie vody. Potvrdilo sa, že na prípravu nanoporézneho materiálu s pozmenenými chemickými vlastnosťami, „šitého na mieru s vysokou presnosťou“, sa dá aplikovať plazma. Výsledné nanopóry sa vyznačovali výbornou selektivitou pre rozpustené ióny, a to K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Li<sup>+</sup> a Cl<sup>-</sup> (Surwade et al., 2015).

Ďalšia relatívne nová metóda čistenia brakických vôd sa nazýva kapacitná deionizačná technológia. Výskumníci v oblasti nanotechnológií vyvinuli kapacitnú deionizačnú metódu, ktorá používa grafénové nanovložky ako elektródy pre kapacitnú deionizáciu. Zistili, že grafénové elektródy mali za následok lepší výkon kapacitnej deionizačnej technológie ako bežne používané aktívne uhlíkové materiály. Výhody tejto metódy spočívajú v tom, že nevytvára žiadne sekundárne znečistenie životného prostredia. Je to rentabilná a energeticky úsporná metóda ([www.nanowerk.com/nanotechnology-and-the-environment.php](http://www.nanowerk.com/nanotechnology-and-the-environment.php)).

Súčasný pokrok v nanotechnológiách umožňuje vývoj novej generácie zariadení na udržateľné dodávky vody. Tieto technológie, ktoré by vedeli selektívne odstrániť určitú skupinu kontaminantov, by mohli priniesť vývoj sietí decentralizovaných odberových staníc, ktoré umožnia efektívne čistenie odpadových vôd a ich opätovné využitie. Väčšina týchto pokusov sa však uskutočňuje na laboratórnej úrovni, pričom stále treba odstraňovať niektoré nedostatky týkajúce sa kvantity NMs, výrobných nákladov a zohľadňovať environmentálne hľadisko, aby sa tieto technológie mohli aplikovať v plnom rozsahu (Corsi et al., 2018).

### Čistenie ovzdušia

Znečistené ovzdušie je jedným z najzávažnejších problémom ľudstva. Môžeme ho charakterizovať ako „premenu prirodzeného zloženia atmosféry, ktorá je spôsobená uvoľnením (zavedením) chemických, fy-

zikálnych alebo biologických látok antropogénneho, geogénneho a biogénneho pôvodu do ovzdušia“ (Ibrahim et al., 2016). Problémy s nadmernou emisiou CO<sub>2</sub> sa dnes zvyčajne riešia separáciou a zachytávaním CO<sub>2</sub> do kvapalín či tuhých látok. NMs sú známe ako účinné a rentabilné adsorbenty vďaka svojej ľahkej dostupnosti, veľkému povrchu, ktorý zlepšuje adsorpčnú kapacitu a regeneračné schopnosti.

Tuhé adsorbenty na zachytávanie CO<sub>2</sub> delíme do troch skupín: na vysokoteplotné (> 400 °C), stredne teplotné (200 – 400 °C) a nízokoteplotné (< 200 °C). Nanoadsorbent na báze vápnika sa používa na zachytávanie CO<sub>2</sub> pomocou reverzibilnej reakcie karbonácie oxidov vápnika (CaO) pri vysokej teplote. Nevýhodou adsorbentov pri vysokej teplote je ich rýchla agregácia, čo vedie počas karbonácie k sintrovaniu (spekaniu). Práve povrchová úprava nanoadsorbentu na báze vápnika sa používa na predchádzanie agregácii a na zabránenie procesu sintrovania. Podobne sa používa aj povrchová úprava pomocou TiO<sub>2</sub>. Navyše, NPs ošetrené alkalickými kovmi (Li, Na, K, Cs, Fr) vykazujú schopnosť zachytiť CO<sub>2</sub> pri vyšších teplotách. Alkalické nanotrúbice titanátu draslíka a sodíka boli použité na zachytávanie CO<sub>2</sub> pri nízkej teplote, napr. pod 200 °C (Ibrahim et al., 2016).

Iným príkladom aplikácie nanotechnológií pri riešení emisií skleníkových plynov je použitie NPs niklu ako katalyzátorov na tepelnú dekompozíciu metánu (CH<sub>4</sub>) a oxidov dusíka (NO<sub>x</sub>). Rozkladom metánu možno produkovať vodík. Podobne titánové nanotrúbice a ich deriváty boli použité na fotokatalytickú oxidáciu NO<sub>x</sub>. Modifikovaný TiO<sub>2</sub> s rôznym obsahom striebra sa využil na fotokatalytickú dekompozíciu oxidu dusného (N<sub>2</sub>O) na dusík a kyslík (Ibrahim et al., 2016).

Oxid siričitý (SO<sub>2</sub>) patrí medzi priemyselné emisie s vážnymi dopadmi na životné prostredie a ľudské zdravie. Aj na elimináciu tejto plynnej látky možno použiť NMs. Buď sa to deje desulfurizáciou fosílnych palív alebo pomocou rôznych technológií odstránením SO<sub>2</sub> priamo zo zdroja emisií adsorpčnými procesmi a katalytickými oxidáciami. Na adsorpciu sa používa napr. aktívne uhlie so železnými NPs (Ibrahim et al., 2016).

Znečistené ovzdušie sa nachádza aj vo vnútornom prostredí, v budovách, domácnostiach a výrobných prevádzkach. Za najrizikovejšie sa považujú prchavé organické látky, ktoré sú príčinou astmy, atopickkej hypersenzitivity, bolesti hlavy, nevoľnosti, ako aj iných vážnych symptómov. Z toho dôvodu treba vyvinúť metódy, ktoré by umožnili kontrolovať a znížiť emisie prchavých organických látok. Medzi najrozšírenejšie látky patrí formaldehyd, známy prekurzor mnohých výrobných technológií. Konvenčné metódy zachytávania alebo dekompozície formaldehydu nie sú príliš vhodné, pretože vyžadujú prítomnosť UV

žiarenia, čím zvyšujú riziko vzniku škodlivého ozónu. Efektívnymi NMs na odstránenie formaldehydu sa ukázali membrány na báze polyakrylonitrilových uhlíkových nanovlákién s mikroporéznu štruktúrou a funkčnými skupinami prevažne s obsahom dusíka, ktoré boli kombinované s katalyzátorom NPs oxidov mangánu (MnO<sub>x</sub>). Takáto kombinácia dvoch NMs umožňuje výborné odstraňovanie formaldehydu pri nízkej i vysokej vlhkosti vzduchu.

Ďalším príkladom využitia nanotechnológií pri čistení vnútorného ovzdušia sú filtračné technológie určené na odstránenie zložiek biologického pôvodu, tzv. bioaerosólu (vírusov, baktérií a húb), ktorý sa dokáže veľmi rýchlo rozšíriť a vyvolať rôzne ochorenia vrátane infekcií, alergií. Často využívanou a efektívnou metódou je filtrácia vzduchu ventilačnými technikami s využitím antimikrobiálnych materiálov, akými sú strieborné a medené NPs, uhlíkové nanotrúbice či prírodné antimikrobiálne produkty.

Štúdie potvrdzujú, že strieborné NPs dokážu úspešne odstrániť baktérie z ovzdušia, ale ich antimikrobiálna aktivita závisí od niekoľkých faktorov: od druhov baktérií, koncentrácie strieborných NPs, relatívnej vlhkosti vzduchu, veľkostnej distribúcie častíc a expozičného času. Obdobne aj účinok uhlíkových nanotrubic limituje samotná koncentrácia a veľkosť pórov v membráne, pričom jednostenné uhlíkové trúbice majú nižšiu účinnosť ako mnohostenné.

Napriek uvedeným výhodám vo využití týchto NMs expozícia človeka týmito materiálmi v uzavretom prostredí môže viesť k rôznym nežiaducim zdravotným účinkom, ako napr. podráždeniu kože, zápalom slizníc, peribronchiálnemu zápalu a nekróze. V tomto ohľade sú prírodné antimikrobiálne produkty, ako napr. silice, na rozdiel od NMs, menej toxické (antimikrobiálne filtre pokryté čajovníkovým olejom inaktivujú 99 % bakteriálneho aerosólu). Na základe týchto poznatkov sa pri odstraňovaní bioaerosólu s cieľom zvýšiť morfológickú stabilitu NPs a účinnosť filtrácie vyvinuli aj elektrosprejové metódy na generovanie NPs na prírodnej báze (Ibrahim et al., 2016).

### Čistenie pôdy

Ropné škvryny, priemyselné a vojenské aktivity, havárie a nesprávne či ilegálne riadené odpadové hospodárstvo patria medzi najvýznamnejšie príčiny znečistenia pôd. Čistenie v podmienkach *ex situ* mechanickým odstraňovaním kontaminovaného materiálu alebo aktívne čistiace metódy *in situ* sú veľmi často nákladné. Pasívne *in situ* prístupy využívajúce materiály na mikro- či nanoúrovni, ktoré sa zámerné pridávajú do sedimentov a pôdy alebo do povrchových vôd, sa ukazujú ako potenciálne efektívne katalytické činitele, ktoré transformujú kontaminanty

na menej škodlivé alebo neškodné látky. Avšak bezpečnosť týchto technológií zostáva často otáznou, a aj keď environmentálne riziká nanosanácií ešte zďaleka nie sú známe, niektoré krajiny už nanosanácie aplikujú v praxi (Corsi et al., 2018).

To, či sú v týchto technológiách účinnejšie nano- alebo mikročastice, závisí od rôznych faktorov. Hodnotiť výhody a nevýhody je v tomto počiatocnom štádiu vývoja týchto technológií ťažké, keďže nie sú preskúmané všetky aspekty dopadu na ľudské zdravie ani životné prostredie. Núka sa teda otázka, čo sa stane s NMs po ich rozptýlení v kontaminovanej pôde, či je možné, aby sa dostali do rastlín a živočíchov na danom mieste alebo aj oveľa ďalej od sanovaného miesta, a aké by mohli byť ich nepriaznivé účinky. Akým spôsobom vlastne máme hodnotiť environmentálne prínosy a riziká týchto technológií pri aplikácii v podmienkach *in situ*? Poskytnú NMs lepšie výsledky ako mikročastice? Navyše je potrebné dosiahnuť aj to, aby sanačné technológie boli cenovo prijateľné, napr. priemerná cena NPs železa je 100 eur za kg, zatiaľ čo priemerná cena mikročastíc železa 10 eur za kg. Okrem toho NPs železa sú veľmi reaktívne, čím je obmedzená ich dlhodobější účinnosť, čo sťažuje ich aplikáciu v podmienkach *in situ* (Corsi et al., 2018).

Ťažké kovy sú najzávažnejším polutantom pôd, keďže v nej pretrvávajú ako nedegradovateľné zložky, s výnimkou ortuti a selénu, ktoré sa dokážu transformovať do prchavých látok pomocou mikroorganizmov. Pri znečistení veľkých plôch pôd sú tradičné metódy dekontaminácie od ťažkých kovov veľmi nákladné a technologicky náročné. Preto najlepším spôsobom, ako chrániť životné prostredie, je prevencia pred znečistením, t. j. zabránenie kontaminácie a ďalšieho šírenia ťažkých kovov v pôde imobilizačnými technikami. Existujú dva druhy agensov (surfaktantov) – mobilizačné a imobilizačné, ktoré sú založené na prirodzených sorpčno-desorpčných reakciách kovov s inými pôdnymi zložkami. Mobilizačné agensy zvyšujú biovyužitelnosť a mobilitu ťažkých kovov a ich odstraňovanie pomocou rastlín a prania zemín (t. j. fytoextrakčné procesy). Imobilizačné agensy, naopak, znižujú mobilitu ťažkých kovov a ich presun do potravinového reťazca zabránením ich vstupu do podzemných vôd (t. j. fytostabilizačné procesy).

Na aplikáciu NPs ako surfaktantov pri imobilizácii ťažkých kovov v pôde a podzemnej vode musia byť splnené dve podmienky: (1) NPs musia byť doručiteľné, resp. schopné transportu do kontaminovanej zóny a (2) po dopravení na cieľovú lokalitu musia zostať v určenom priestore, kde budú fungovať ako imobilná zberná „nádrž“ na zachytávanie ťažkých kovov.

Keďže nevýhodou NPs je ich tendencia agregácie, ich vlastnosti, ako napr. veľký povrch a mobilita, sa

tým strácajú. Na odstránenie tohto problému sa používajú organické polyméry – škrob a karboxymetylcelulóza, ktoré stabilizujú NPs elektrostaticky alebo stericky, a tým zlepšia ich mobilitu v pôde a zväčšia špecifický povrch.

Týmto spôsobom boli napr. použité škrobom stabilizované magnetické NPs na imobilizáciu arzeničnanov v podmienkach *in situ*. Výsledky potvrdili výrazne menšiu rozpustnosť arzeničnanov vo vode. Aj samotný proces sanácie bol menej toxický.

Podobnou metódou sa v pôde pomocou NPs apatitu, ktoré boli tiež stabilizované karboxymetylcelulózu, imobilizovalo olovo. Táto stabilizácia zlepšila aj rýchlosť disperzie fosfátu a imobilizáciu olova v pôde. Predpokladá sa, že dôležitú úlohu v zefektívnení týchto metód zohrávajú karboxylové a hydroxylové skupiny v molekulách celulózy, ktoré zabraňujú ďalšiemu zrážaniu NPs a podporujú tvorbu stabilného fosfátu olova (pyromorfitu).

Na imobilizáciu ťažkých kovov v pôde sa používajú aj železné nanočastice. Ich hlavnou nevýhodou je ľahká agregácia a reaktivnosť s okolitým prostredím, napr. s rozpusteným kyslíkom, čo vedie k strate ich vlastností, reaktívnosti a mobility. Aj v tomto prípade sa uskutočnili zlepšenia tejto technológie, a to použitím rôznych stabilizačných organických povlakov (povrchových vrstiev), škrobu, polyvinylpyrrolidínu a sodnej soli karboxymetylcelulózy. Na prípravu NPs železa sa dokonca využili odpadové vody po morení pri výrobe ocele. Takto upravené NPs železa s nulovou valenciou boli úspešne aplikované na imobilizáciu zlúčenín šesťmocného chrómu. Metóda dosiahla efektívnejšiu imobilizáciu chrómu, resp. vodorozpustnosť chrómu sa zredukovala o 100 %.

Tieto imobilizačné techniky používané pri remediácii kontaminovaných pôd napriek postupnému zlepšovaniu účinnosti prinášajú stále aj nevýhody a obmedzenia, napr. pri používaní fosfátov ako surfaktantov môže dôjsť k sekundárnej kontaminácii podzemných a povrchových vôd z toho dôvodu, že fosforečnany sú dobre rozpustné vo vode a môžu následne spôsobiť eutrofizáciu (Ibrahim et al., 2016).

### Alternatívne zdroje energie

Hlavným cieľom súčasného vývoja udržateľných zdrojov energie je znižovanie výrobných nákladov a zlepšovanie ich účinnosti, príp. hľadanie nových zdrojov energie. Najväčším problémom solárnej energie je, že je difúzna a nie je permanentná. S tým súvisí aj jej slabá konkurencieschopnosť s klasickými fosílnymi zdrojmi energie. Rovnako je problémom najsť vhodné spôsoby uskladnenia solárnej energie, a teda aj vhodnú náhradu klasických chemických batérií, ktoré sú neekologické. Navyše klasické typy solárnych článkov na báze kremíka, telúru či selénu



sa vyznačujú obmedzenou účinnosťou (max. 37,9 %). Z toho dôvodu sa hľadajú možnosti, ako zvýšiť účinnosť článkov využitím nanotechnológií. Experimenty sa sústreďujú napr. na využitie NMs na báze uhlíka, konkrétne uhlíkových nanorúrok, fullerénu a grafénu. Grafén a najmä uhlíkové nanorúrky sa v jednom experimente osvedčili ako veľmi účinné a spoľahlivé materiály na uskladnenie energie. Veľký špecifický povrch a vodivosť grafénu sú dve kľúčové vlastnosti, ktoré predurčujú tento materiál ako superkondenzátor. Schopnosť používať elektrolyt v tuhom stave, ktorý pozostáva z oxidu grafénu alebo gél-polymérového elektrolytu, umožňuje výrobu flexibilných zariadení, ktoré nevyžadujú enkapsuláciu. Hoci uhlíkové nanotrúbice majú relatívne malý špecifický povrch, môžu sa aplikovať v kombinácii s grafénom na zvýšenie vodivosti elektródy alebo drsnosti povrchu fólie, čo vedie k zvýšeniu počtu iónov zachytených na rozhraní elektródy a elektrolytu (Notarianni et al., 2016).

Polovodičové nanodráty vďaka unikátnej jednorozmernej štruktúre s pozoruhodnými elektrickými a optickými vlastnosťami prinášajú nové príležitosti na výrobu nenákladných a vysoko účinných fotovoltaických zariadení. Najmä kremíkové nanodráty, pripravené z jedného z najrozšírenejších prvkov na svete, boli využité na vývoj solárnych článkov. Na základe systematického výskumu optických a elektrických vlastností kremíkových nanodrátov sa podarilo pripraviť solárne články s účinnosťou viac ako 10 % na rozdiel od prvotných experimentov, účinných menej ako na 1 %. Navyše vedci niektoré elektrochemické problémy riešia ďalšou úpravou týchto nanodrátov, napr. pasiváciou kremíka, hybridizáciou so striebornými NPs a organickými polovodičmi (Yu et al., 2016), príp. ich zabudujú do polyméru ([www.understandingnano.com/environmental-nanotechnology.html](http://www.understandingnano.com/environmental-nanotechnology.html)).

Najväčšou prekážkou malých veterných turbín je ich nízka energetická účinnosť, čo obmedzuje ich širšie využitie. Fínski vedci úspešne vyriešili tento problém pomocou nanotechnológie. Na výrobu lopatiek veterného mlyna využili uhlíkové nanorúrky s obsahom epoxidov. Výsledné lopatky sú pevnejšie (100-krát vyššia pevnosť než má oceľ) a majú až o 50 % nižšiu hmotnosť ako používané lopatky zo skleneného vlákna. Tieto vlastnosti umožňujú vyrobiť rozmerovo väčšie veterné turbíny, čo vedie aj k vyššej produkcii elektrickej energie zhruba o 30 %. Týmto pokrokom možno rozšíriť dostatočné pokrytie elektrickej energie aj v menej dostupných a odľahlých oblastiach ([www.understandingnano.com/environmental-nanotechnology.html](http://www.understandingnano.com/environmental-nanotechnology.html)).

Elektródy či katalyzátory palivových článkov sú na báze platiny, čo zvyšuje ich výrobné náklady. Z tohto dôvodu výskum v tejto oblasti smeruje

k úprave technológie výroby s cieľom znížiť množstvo platiny, a teda aj výrobné náklady. Palivové články sú konštruované tak, aby množstvo použitej platiny zabezpečilo správny priebeh chemickej reakcie, pri ktorej je palivo okysličované za vzniku elektrickej energie. Vedcom sa podarilo reaktívnosť platiny zvýšiť. Najprv vytvorili zliatinu medi a platiny, ktorej vrchnú vrstvu očistili od medi. Touto úpravou došlo k zmene vzdialenosti atómov platiny, čo zvýšilo jej katalytické vlastnosti. Zároveň sa znížila cena palivových článkov o 80 % ([www.understandingnano.com/environmental-nanotechnology.html](http://www.understandingnano.com/environmental-nanotechnology.html); Strasser et al., 2010).

V súčasnosti sa vodíkové palivové články ako čistý zdroj energie využívajú v elektromobiloch na princípe premeny chemickej energie paliva – vodíka na elektrickú energiu. Vedľajším produktom tohto procesu je teplo a voda. Avšak zatiaľ čo vodíkové palivo ako také je skutočne čistým zdrojom energie, výroba vodíka nie je k životnému prostrediu šetrná.

Vodík sa bežne získava konverziou kvapalných palív (benzínu, etanolu alebo metánu) priamo vo vozidle alebo sa generuje mimo a do vozidla sa dodáva do zásoby. Kým najznejšou metódou výroby vodíka je splyňovanie uhlia, najčistejšou metódou výroby vodíka by bola elektrolyza vody s využitím obnoviteľných zdrojov energie: veternej, solárnej, geotermálnej a hydrotermálnej. Ideálnym riešením by bola metóda založená na účinnej produkcii vodíka z vody pôsobením solárnej energie a bez podporného dodávania energie. Existuje niekoľko typov solárnych článkov, ktoré k tomu spejú.

Prvým typom sú solárne články na generovanie vodíka, ktoré na princípe fotoelektrochemického procesu premieňajú slnečnú energiu na chemickú. Sú skonštruované z elektródy na báze NMs. Elektróda má vďaka NMs väčší povrch, čo vedie k zvýšeniu účinnosti článkov. Na zvýšenie účinnosti článkov sa využívajú napr. ekologicky neškodné anorganické nanokryštály. Iným príkladom sú fotovoltaické články, ktoré vyrábajú elektrickú energiu. Tá sa následne môže použiť na pohon elektrolytickej výroby vodíka z vody. Vyššia účinnosť článkov sa v tomto prípade dosahuje aplikáciou NMs, napr. nanodrátov ([www.nanowerk.com/nanotechnology-and-the-environment.php](http://www.nanowerk.com/nanotechnology-and-the-environment.php)).

Veľký význam majú nanotechnológie aj pri riešení uskladnenia vodíka ako pohonnej látky v autách. Kvôli priestorovému obmedzeniu zásobníkov je dnes nutná konverzia vodíka do kvapalnej či tuhej fázy formou kompresie alebo chladenia. Zaujímavou alternatívou na uskladnenie vodíka je aj reakcia s kovmi na hydridy a tiež adsorpcia na porézny materiál. Takto uskladnený vodík sa potom dokáže uvoľniť teplom, elektrickou energiou alebo chemickou reakciou. Absorbovať vodík dokážu aj niektoré kovy. Z pohľadu

nanotechnológií je veľmi sľubným riešením veľk kapacitné skladovanie vodíka chemisorpciou na atómy uhlíka v nanotrubicích ([www.nanowerk.com/nanotechnology-and-the-environment.php](http://www.nanowerk.com/nanotechnology-and-the-environment.php)).

### Zlepšenie výrobných postupov s cieľom znížiť ďalšie znečistenie životného prostredia

Príkladom je aplikácia strieborných nanoklastrov ako katalyzátorov, ktoré významne znižujú produkciu vedľajších produktov znečisťujúcich životné prostredie vznikajúcich pri výrobe propylénoxidu. Propylénoxid sa využíva na výrobu plastov, farieb, detergentov a brzdných kvapalín ([www.nanowerk.com/nanotechnology-and-the-environment.php](http://www.nanowerk.com/nanotechnology-and-the-environment.php)).

Mnohé použité batérie obsahujú ťažké kovy, ako je ortuť, olovo, kadmium a nikel, ktoré môžu znečistiť životné prostredie a predstavovať potenciálnu hrozbu pre ľudské zdravie pri nesprávnom zneškodnení. Tým, že sa použité batérie v podstate nerecyklujú, nepredstavujú len environmentálny problém, ale aj lacnú surovinu, ktorou sa plytvá. Výskumníci napr. dokázali získať čisté NPs na báze Zn-MnO<sub>2</sub> z oxidu zinočnatého, ktorý bol súčasťou použitých alkalických batérií ([www.nanowerk.com/nanotechnology-and-the-environment.php](http://www.nanowerk.com/nanotechnology-and-the-environment.php)).

### Nanosenzory

Úlohou senzorov vo všeobecnosti je monitorovať a získavať informácie o okolitom prostredí. Sensory prenášajú informácie o tepelnej, mechanickej, optickej, elektrickej, magnetickej alebo biochemickej zmene do inej formy energie. Nanosenzor je fyzikálny, chemický alebo biologický senzor, ktorý má rozmery v nanometroch. V porovnaní s existujúcimi senzormi sú nanosenzory malé, majú nízku hmotnosť, veľký reaktívny povrch, lepšiu selektivitu, citlivosť a kratšiu dobu odozvy. Jednou z hlavných výhod práce v nanorozmere je veľký povrch NMs. Napríklad jednostenné uhlíkové nanorúrky majú povrch až 1600 m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>. Keďže princíp mnohých senzorov súvisí s chemickými vlastnosťami povrchov materiálov, veľká povrchová plocha je obrovskou výhodou a umožňuje zosilnenie intenzity signálu, a teda aj detekciu stopových množstiev látok, resp. nepatrných zmien energie. Nanosenzory majú preto veľký prínos pre monitoring životného prostredia (napr. detekcia ortute).

Okrem toho sa nanosenzory používajú na meranie slnečného ožiarenia, interakcií medzi aerosólmi a oblakmi, monitorovanie biogeochemických cyklov v oblastiach východnej Ázie a tichomorského regiónu. Využili sa aj pri monitoringu znečistenia ovzdušia počas olympijských hier v Pekingu. V Izraeli sa testovalo použitie nanosenzorov na analýzu emisií z motorových vozidiel. Rovnako sa plánuje rozsiahle využívanie

nanosenzorov pri vodovodnom systéme dodávok pitnej vody, kde je potrebné monitorovať nielen kvalitu dodávanej vody, ale aj samotný distribučný systém, tesnenie, tlak v potrubí, úniky v dôsledku poškodenia potrubia a pod. Existujú mnohé iné možnosti využitia biosenzorov v oblasti životného prostredia, ale medzi najviac využívané patrí monitoring kvality vzduchu a vody (Dahman, 2017).

### Nanočastice v prírode – prirodzene sa vyskytujúce nanočastice

NMs sa v poslednej dobe v dôsledku obáv stávajú aj predmetom skúmania po toxikologickej stránke ako možné toxické látky ohrozujúce ľudí a životné prostredie. Niektoré obavy samozrejme nie sú neopodstatnené, keďže poznáme reálne prípady toxického účinku NPs (napr. azbestové mikročastice, pevné mikročastice výfukových plynov). Na druhej strane často zabúdame na skutočnosť, že samotná príroda je „skúsený nanotechnológ“ a NPs sú jej bežnou prirodzenou súčasťou (Griffin et al., 2018). NPs sa tvoria prirodzene vo všetkých sférach Zeme, v atmosfére, hydrosfére (v oceánoch, jazerách, riekach, podzemných vodách, geotermálnych prameňoch), litosfére (v pôde, horninách, láve alebo magme v určitom stupni evolúcie) a dokonca aj v biosfére (v mikroorganizmoch, ale aj vo vyšších organizmoch vrátane človeka). Nazývame ich aj prirodzene sa vyskytujúce nanočastice (*naturally occurring nanoparticles* – NNPs). Vznikajú chemickými, fotochemickými, mechanickými, tepelnými a biologickými procesmi a ich kombináciou vrátane mimozemských procesov. Rozlišujeme tri mechanizmy vzniku NNPs: (1) neukleáciou a rastom z anorganických zložiek, (2) mechanickými procesmi, ako napr. eróziou, a (3) tepelnými procesmi napr. pri spaľovaní biomasy (Sharma et al., 2015).

Existuje mnoho prirodzených javov, ktoré sú zdrojom rôznych častíc v atmosfére. Ide o prejavy počasia, kozmickej či sopečnej činnosti, napr. uragány dvíhajú zo zemského povrchu veľké množstvo vody, pri odparovaní sa z tejto vody uvoľňujú soli, spóry rias a iné jednobunkové organizmy a tie sa v atmosfére rozptyľujú. V dôsledku tohto javu sú v atmosfére neustále prítomné NNPs, ktoré vyvolávajú rôzne reakcie, a tým ovplyvňujú biosféru.

Niektorí vedci tvrdia, že aj polárna žiara je spôsobená interakciami medzi NNPs ionosféry a časticami slnečného vetra pod vplyvom magnetického poľa Zeme.

Pri vulkanickej činnosti sa pri teplote 1 400 °C do atmosféry dostáva horúci plyn s veľmi pestrú štruktúrou tuhých a kvapalných častíc. Jeho teplota sa postupne znižuje, plyny sa rozptyľujú do atmosféry a ich zloženie sa mení. Dochádza k tvorbe častíc buď v dôsledku chemických reakcií, alebo na základe elek-

trostatických síl, a následne k ich postupnému usádzaniu. Keďže väčšina kovových a nekovových rúd v zemskej kôre vznikla geologickou činnosťou v dôsledku vulkanickej činnosti, každý chemický prvok, ktorý existuje v čistej forme alebo v zlúčenine s inými prvkami, môžeme nájsť v atmosfére vo forme NNPs počas erupcie alebo bezprostredne po erupcii sopky.

Púšte patria medzi hlavné permanentné zdroje NNPs, ktoré vzdušné prúdy dvíhajú do atmosféry počas piesočných búrrok. Výskumy odhalili, že až 50 % aerosólov prítomných v troposfére tvoria minerály pochádzajúce z púští. Výskumy zamerané na transport častíc v atmosfére v dôsledku piesočnej búrky v púšti Gobi odhalili, že okrem vysokej koncentrácie uhlíka a dusíka organického pôvodu sú súčasťou prachu aj nanočastice antropogénneho pôvodu, ako napr. sírany, dusičnany a amonné ióny. Veľkosť častíc sa v uvedenej štúdii pohybovala v rozsahu 80 – 1 000 nm. Analytické rozbor materiálu počas piesočnej búrky v Číne a Južnej Kórei zase zistili, že prach obsahuje vysokú koncentráciu kremíka, hliníka, vápnika a stopy železa. Identifikovalo sa aj mnoho toxických ťažkých kovov, ako ortuť a kadmium, či polynukleárne aromatické uhľovodíky.

Ďalším významným zdrojom NNPs je kozmický prach. Na Zem dopadajú kozmické objekty veľmi veľkou rýchlosťou bez ohľadu na ich veľkosť. Počas približovania k Zemi sa ich rýchlosť v dôsledku trenia v atmosfére spomaľuje a meteorit zhorí. Menšie častice však nezhoria úplne a nakoniec dopadnú na zemský povrch. Staršie štúdie odhalili, že kozmický prach obsahuje nanočastice, mikročastice a ich zhluky. Tieto častice majú nepravidelný tvar, rôznu štruktúru od poréznej až po kompaktnú. Ich zloženie, veľkosť a fyzikálno-chemické vlastnosti závisia od pôvodu. Medziplanetárny prach obsahuje oxid uhoľnatý, karbid kremičitý, ortokremičitan vápenatý, ľad a polynukleárne aromatické uhľovodíky alebo aj iné jednoduché organické zlúčeniny. Tak tiež sa zistilo, že kozmický prach obsahuje aj organické látky vo forme komplexov aromaticko-alifatických zmesí, ktoré sa pravdepodobne tvoria spontánne vo vesmíre (Strambeanu et al., 2015).

NNPs vznikajú spontánne aj v dôsledku antropogénnej činnosti, napr. pri banskej činnosti, v odpadových vodách a odpadových produktoch ako takých. Pri geotermálnych procesoch dochádza napr. k vzniku ferihydritových NNPs a v chladných výveroch CO<sub>2</sub> môžu vznikáť prirodzene aj NNPs mangánu, chrómu, medi, bária či olova (Sharma et al., 2015).

NNPs sa nachádzajú aj potravinách, napr. v mlieku sú dispergované micely kazeínu s veľkosťou 100 – 200 nm. Pozostávajú z proteínov stabilizovaných fosforečnanom vápenatým s vrstvou  $\kappa$ -kazeínu. Majú sférický tvar (Rogers, 2016).

NNPs tvoria aj živé organizmy. Mikroorganizmy tvoria nanočastice ako súčasť mineralizácie anorga-

nických materiálov. Rozlišujeme pritom dva spôsoby mineralizácie: (1) biologicky indukovaná mineralizácia, pri ktorej mikroorganizmus nekontroluje formovanie NNPs, zúčastňuje sa na procese len ako substrát k nej pripojený (napr. k bunkovej stene) a NNPs sú výsledkom metabolických procesov; (2) biologicky kontrolovaná mineralizácia je v celom rozsahu kontrolovaná mikroorganizmom a NNPs sa tvoria v bunkách za určitých podmienok. Tieto NNPs sú kryštály, ktoré sa vyznačujú vysokou homogénitou veľkosti. NNPs, ktoré vznikajú týmto spôsobom majú viacero funkcií v organizmoch, napr. dobre známe sú magnetotaktické baktérie, ktoré využívajú syntetizované NNPs na navigáciu alebo NNPs ako zásobné zdroje železa či na spevnenie pletív (Sharma et al., 2015).

Rôznymi experimentmi bolo dokázané, že NNPs vedú vytvárať aj rastliny vo svojich pletivách. Výskumy zamerané najmä na kovové NNPs využívali rôzne média obohatené o soli kovov (napr. zlata, striebra). Avšak presný mechanizmus ich tvorby v rastlinách nie je známy. Predpokladá sa, že priamy prestup NNPs cez koreňový systém je menej pravdepodobný. Nanočastice sa pravdepodobne tvoria v rôznych orgánoch samotnej rastliny až po transporte iónovej formy kovu cez jej koreňový systém (Marchiol et al., 2014).

### Osud nanomateriálov v životnom prostredí

Čo sa týka disperzie NMs v prostredí, môže byť ovplyvnená rôznymi faktormi, napr. pH, osmolaritou, prítomnými organickými látkami, najmä koloidmi a proteínmi, ktoré sú schopné interagovať s nimi na základe ich špecifických vlastností, a tak ovplyvniť príjem a mieru toxicity exponovaných organizmov. Výsledok takýchto interakcií je tiež ovplyvnený biologickým stavom samotného organizmu a jeho schopnosťou čeliť a reagovať na takúto expozíciu (Corsi et al., 2018).

NMs, resp. NNPs, majú tendenciu sa v dôsledku svojich fyzikálno-chemických vlastností zrážať. Aby k tomu nedochádzalo, stabilizujú sa rôznymi surfaktantmi, ktoré sa naviažu na ich povrch. Od charakteru surfaktantu závisí správanie sa NMs v prostredí a tiež ich interakcia so živými organizmami a miera toxicity. Zistilo sa, že povrchová vrstva NNPs ovplyvňuje aj ich príjem a transport v rámci rôznych rastlinných systémoch. Pokiaľ bol náboj povrchovej vrstvy kladný, tak zlaté NNPs prestúpili koreňovým systémom ryže (*Oryza sativa*) ľahšie, ako keď mali neutrálny alebo záporný náboj. V bazalke (*Ocimum basilicum*) hydrofóbne i hydrofilné NMs na báze TiO<sub>2</sub> vplývali negatívne na klíčenie. V prípade bazalky sa tiež zistilo, že jednotlivé orgány rastliny reagujú na jeden typ NMs odlišne (López-Moreno et al., 2018).

## Sú nanotechnológie skutočne efektívne v ochrane životného prostredia?

Rastúce ceny surovín a energie a lepšie povedomie spotrebiteľov o nepriaznivom stave životného prostredia sú podnetom na záplavu obchodného trhu výrobkami, ktoré sľubujú určité prínosy v oblasti ochrany životného prostredia a zmeny klímy. Keďže NMs vykazujú špecifické fyzikálne a chemické vlastnosti, stávajú sa predmetom záujmu výroby nových ekologických produktov. Avšak vo väčšine komerčne dostupných spotrebiteľských nanovýrobov nie je ochrana životného prostredia primárnym cieľom. Ani textil s nanostriebrom na potlačenie zápachu, ani golfové palice s obsahom uhlíkových nanotrubic nepomáhajú chrániť životné prostredie. Výrobcovia často prezentujú prínosy svojich výrobkov na ochranu životného prostredia, ale zvyčajne bez toho, aby poskytli relevantné vedecké dôkazy. Príkladom takéhoto „takzvaného prínosu“ pre životné prostredie sú samočistiace povrchové nátery alebo textilie s ochranou proti znečisteniu, ktoré sa uvádzajú ako materiály nevyžadujúce čistenie v bežnom rozsahu, čím by mali šetriť energiu, vodu a čistiace prostriedky.

Dôraz sa často kladie na trvalo udržateľnú výrobu, ku ktorej nás nanotechnológie majú doviest. Takéto očakávania sú často neopodstatnené. Na posúdenie skutočných dopadov nanovýrobov na životné prostredie, pozitívnych či negatívnych, je nevyhnutné preskúmať celý životný cyklus výrobku od výroby suroviny cez jeho použitie až po likvidáciu výrobku na konci jeho životného cyklu. Vyzdvihovanie pozitívneho prínosu konkrétnych výrobkov na ochranu životného prostredia zvyčajne nezohľadňuje reálne množstvo zdrojov a energie spotrebovaných pri ich výrobe ([www.nanowerk.com/nanotechnology-and-the-environment.php](http://www.nanowerk.com/nanotechnology-and-the-environment.php)).

## Hodnotenie rizík vyplývajúcich z aplikácie (environmentálnych) nanotechnológií

Za posledných desať rokov došlo na celom svete k takmer sedemdesiatim prípadom znečistenia prostredia, ktoré sa podarilo úspešne odstrániť využitím nanosanačných techník. Tie dokonca významne zredukovali čas a operačné náklady (do 80 %) v porovnaní s konvenčnými metódami.

Napriek týmto sľubným výsledkom sa nanosanačie v Európe udomácnujú len veľmi pomaly. Ide pravdepodobne o dôsledky viacerých faktorov, akými sú najmä obavy verejnosti z aplikácie nanotechnológií a nedostatok legislatívnych opatrení (Corsi et al., 2018). Vo všeobecnosti NMs ako také vyvolávajú znepokojenie v súvislosti s ich možným negatívnym vplyvom na životné prostredie a možným rizikom ohrozenia zdravia ľuďstva (Clemente et al., 2018).

Faktom je, že akonáhle sa začnú tieto technológie využívať bežne, NMs preniknú do vody, kalov a iných sfér životného prostredia odkiaľ pravdepodobne prestúpia do prírodných ekosystémov. Doteraz sa uskutočnilo iba niekoľko štúdií, ktoré boli zamerané na hodnotenie škodlivých účinkov NMs prítomných v životnom prostredí, a tie upozornili na možné riziko vyplývajúce pre živú prírodu (Corsi et al., 2018). Napríklad sa preukázalo, že najpoužívanejšie NMs aplikované pri nanosanačiach, ako NPs zeolitov, oxidov kovov, uhlíkových nanotrubic a NPs vzácnych kovov, spôsobili poškodenie zdravia niektorých suchozemských i vodných organizmov, čím vzrástli obavy verejnosti a vládných štruktúr o vhodnosti ich aplikácie v *in situ* podmienkach (Corsi et al., 2018).

Bolo tiež dokázané, že prítomnosť aerosólových NPs môže mať významný dopad na životné prostredie v globálnom meradle, a to v celom rozsahu atmosféry. Vzdušné nanočastice môžu po inhalácii vyvolať zdravotné problémy u ľudí. Obzvlášť nebezpečné sú tie nanočastice, ktoré vykazujú vylepšené povrchové chemické vlastnosti. Tie môžu mať až toxické účinky (Clemente et al., 2018). Zistilo sa, že mnohé aktivity v oblasti manipulácie s NMs v priemyselných lokalitách a výskumných laboratóriách vedú k neúmyselnému uvoľňovaniu aerosólov, ktoré obsahujú vdýchnuteľné NPs. Na druhej strane aerosólové NPs sú súčasťou mnohých výrobných postupov (napr. laserovej pyrolýzy, metód na princípe plazmy a i.). Aerosólové NPs, či už sú vyrobené zámerné alebo nie, sú prítomné všade, pri výrobe i manipulácii s NMs.

Medzi rozvíjajúcu sa oblasť aplikácie nanosanačie patrí čistenie morských pobrežných oblastí. Morské sedimenty patria medzi hlavné zhromaždisko environmentálnych polutantov, a preto rastie počet lokalít, ktoré treba sanovať. Vzhľadom na rastúce náklady sanačie sa nanosanačie dostávajú do popredia ako lacnejšie technológie, pričom aj v tejto oblasti sa objavujú obavy, že nanosanačie sedimentov môže predstavovať potenciálne riziko pre morskú biotu v dôsledku čiastočnej mobilizácie NMs v moriach. To môže mať vplyv nielen na druhy obývajúce sedimenty alebo živiace sa detritom, ale aj na iné druhy z rôznych trofických úrovní (baktérie, fytozoplanktón, bentické bezstavovce).

\* \* \*

Z uvedených príkladov vyplýva, že skôr než sa NMs začnú bežne využívať, je potrebné lepšie pochopiť ich životný cyklus v životnom prostredí a interakcie so živými organizmami. Z tohto dôvodu je taktiež veľmi žiaduce, aby sa kontroloval charakter a vlastnosti vyrábaných NMs (Clemente et al., 2018). V prípade vývoja štandardizovaných metód určených na posúdenie expozície NPs v rôznych typoch prostredia



existuje v oblasti výskumu medzera. Kým teda nie sú vyvinuté štandardizované metódy hodnotenia rizika a nie sú uskutočnené spoľahlivé epidemiologické štúdie hodnotenia skutočného účinku NMs, mali by sa uplatňovať určité pravidlá ochrany pred expozíciou NPs najmä v pracovnom prostredí (Clemente et al., 2018). Ďalšie analýzy a štúdie hodnotenia rizika by mali sústrediť pozornosť na účinok rôznych NMs na živé organizmy v reálnejších podmienkach a v dlhšom časovom horizonte. Väčšina doterajších štúdií totiž prebiehala len krátke obdobie, pričom do značnej miery nie je známa ani životnosť či účinnosť zavádzaných nanotechnológií (Corsi et al., 2018).

## Literatúra

- Boverhof, D. R., Bramante, C. M., Butala, J. H., Clancy, S. F., Lafranchi, M., West, J., Gordon, S. C.: Comparative Assessment of Nanomaterial Definitions and Safety Evaluation Considerations. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 2015, 73, 1, p. 137 – 150.
- Clemente, A., Lobera, M. P., Balas, F., Santamaria, J.: A Versatile Generator of Nanoparticle Aerosols. A Novel Tool in Environmental and Occupational Exposure Assessment. *Science of the Total Environment*, 2018, 625, p. 978 – 986.
- Corsi, I., Winther-Nielsen, M., Sethi, R., Punta, C., Della Torre, C., Libralato, G., Lofrano, G., Sabatini, L., Aiello, M., Fiori, L., Cinuzzi, F., Caneschi, A., Pellegrini, D., Buttino, I.: Ecofriendly Nanotechnologies and Nanomaterials for Environmental Applications: Key Issue and Consensus Recommendations for Sustainable and Ecosafe Nanoremediation. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2018, 154, p. 237 – 244.
- Dahman, Y.: Nanosensors. In: Dahman, Y. (ed.): *Nanotechnology and Functional Materials for Engineers. A Volume in Micro- and Nanotechnologies*. Toronto: Ryerson University, Elsevier, 2017, p. 67 – 91.
- Dhand, C., Dwivedi, N., Loh, X. J., Ying, A. N. J., Verma, N. K., Beuerman, R. W., Lakshminarayanan, R., Ramakrishna, S.: Methods and Strategies for the Synthesis of Diverse Nanoparticles and their Applications: A Comprehensive Overview. *RSC Advances*, 2015, 5, p. 105003 – 105037.
- Griffin, S., Masood, M. I., Nasim, M. J., Sarfraz, M., Ebokaiwe, A. P., Schäfer, K.-H., Keck, C. M., Jacob, C.: Natural Nanoparticles: A Particular Matter Inspired by Nature. *Antioxidants (Basel)*, 2018, 7, 1, p. 1 – 21.
- Ibrahim, R. K., Hayyan, M., AlSaadi, M. A., Hayyan, A., Ibrahim, S.: Environmental Application of Nanotechnology: Air, Soil and Water. *Environmental Science and Pollution Research*, 2016, 23, p. 13754 – 13788.
- Karkare, M.: *Nanotechnology. Fundamentals and Applications*. New Delhi: I. K. International Publishing House Pvt., Ltd., 2010, 252 p.
- Lens, P. N. L., Virkutyte, J., Jegatheesan, V., Seung-Hyun, K., Al-Abed, S.: *Nanotechnology for Water and Wastewater Treatment*. London: IWA Publishing, 2013, 500 p.
- Liu, B., Chen, B., Zhang, B.: Oily Wastewater Treatment by Nano-TiO<sub>2</sub>-Induced Photocatalysis: Seeking more Efficient and Feasible Solutions. *IEEE Nanotechnology Magazine*, 2017, 11, 3, p. 4 – 15.
- López-Moreno, M. L., Cedeno-Mattei, Y., Bailón-Ruiz, S. J., Vazquez-Nunez, E., Hernandez-Viezas, J. A., Perales-Pérez, O. J., De la Rosa, G., Peralta-Videa, J. R., Gardea-Torresdey, J. L.: Environmental Behavior of Coated NMs: Physicochemical Aspects and Plant Interactions. *Journal of Hazardous Materials*, 2018, 347, p. 196 – 217.
- Marchiol, L., Mattiello, A., Pošćić, F., Giordano, C., Musetti, R.: *In vivo* Synthesis of Nanomaterials in Plants: Location of Silver Nanoparticles and Plant Metabolism. *Nanoscale Research Letters*, 2014, 9, p. 101 – 112.
- Notarianni, M., Liu, J., Vernon, K., Motta, N.: Synthesis and Applications of Carbon Nanomaterials for Energy Generation and Storage. *Beilstein Journal of Nanotechnology*, 2016, 7, p. 149 – 196.
- Rogers, M. A.: Naturally Occurring Nanoparticles in Food. *Current Opinion in Food Science*, 2016, 7, p. 14 – 19.
- Sharma, V. K., Filip, J., Zboril, R., Varma, R. S.: Natural Inorganic Nanoparticles – Formation, Fate, and Toxicity in the Environment. *Chemical Society Reviews*, 2015, 44, 23, p. 8410 – 8423.
- Strambeanu, N., Demetrovici, L., Dragos, D.: Natural Sources of Nanoparticles. In: Lungu, M., Neculae, A., Bunoiu, M., Biris, C. (eds.): *Nanoparticles' Promises and Risks. Characterization, Manipulation, and Potential Hazards to Humanity and the Environment*. Basel: Springer International Publishing Switzerland, 2015, p. 9 – 19.
- Strasser, P., Koh, S., Anniyev, T., Greeley, J., More, K., Yu, C., Liu, Z., Kaya, S., Nordlund, D., Ogasawara, H., Toney, M. F., Nilsson, A.: Lattice-Strain Control of the Activity in Dealloyed Core-Shell Fuel Cell Catalysts. *Nature Chemistry*, 2010, 2, 6, p. 454 – 460.
- Surwade, S. P., Smirnov, S. N., Vlassiuk, I. V., Unocic, R. R., Veith, G. M., Dai, S., Mahurin, S. M.: Water Desalination Using Nanoporous Single-Layer Graphene. *Nature Nanotechnology*, 2015, 10, p. 459 – 464.
- Yu, P., Wu, J., Liu, S., Xiong, J., Jagadish, C., Wang, Z. M.: Design and Fabrication of Silicon Nanowires towards Efficient Solar Cells. *Nanotoday*, 2016, 11, 6, p. 704 – 737.

**Ing. Janka Porubská**, [janka.porubska@mail.unipo.sk](mailto:janka.porubska@mail.unipo.sk)  
**doc. Ruslan Mariychuk, CSc.**, [ruslan.mariychuk@unipo.sk](mailto:ruslan.mariychuk@unipo.sk)  
**Katedra ekológie Fakulty humanitných a prírodných vied Prešovskej univerzity v Prešove, Ul. 17. novembra 1, 080 01 Prešov**

Markery jsou značkovače, pomocí kterých chceme sledovat určitý proces, např.  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$ , tj. prachové částice o rozměrech cca 10 a 2,5  $\mu m$ . Injektují se do oblaku znečištěného ovzduší u zdrojů znečišťovatelů. Jsou to neradioaktivní prvky nebo sloučeniny, které se zachytí společně s prachem na filtru a provede se analýza prvků v prachu pomocí nukleární metody: instrumentální neutronové aktivační analýzy (INAA). Podrobněji problematiku možnosti využití INAA v Česku publikoval Kubíček a kol. (2017).

Analýza prachu pomocí INAA byla již provedena např. v Portugalsku, Malajsii, Jižní Koreji, Číně, Japonsku, Mexiku, Íránu a USA (Kubíček a kol., 2017). V Japonsku Sakai et al. (1998) a Kojima et al. (2003) doporučili použití markerů pro identifikaci zdrojů znečišťování a jejich zdrojových podílů. Dosud jsme v odborné literatuře nenalezli sledování migrace polétavého prachu pomocí markerů a INAA.

Výběr markerů a jejich sloučení se provádí podle účinného průřezu prvku na neutrony v jaderném reaktoru, který by měl být co největší, dále podle poločasu rozpadu vzniklého radionuklidu, energie záření gama, resp. rentgenového záření. Použití markerů umožňuje ověřovat matematické modely, které popisují šíření emisí. V našem případě to bude konvektivně-difuzní model. Je nutno si uvědomit, že metoda s markery je přímou metodou, většina ostatních metod umožňuje získat jen kvalifikované odhady.

#### Provedení experimentů

Jako markery pro první experimenty byly vybrány práškové kovy molybden (Mo), lanthan (La) a cer (Ce) (ve formě mischmetal 60 % La + 40 % Ce), kobalt (Co), baryum (Ba) ve formě  $Ba(NO_3)_2$ , a jod (I) ve formě KI. Pod mikroskopem byla změřena velikost částic, která se většinou pohybovala v rozmezí 5 – 15  $\mu m$ .

## Sledování proudění polétavého prachu v ovzduší od zdrojů v průmyslové aglomeraci pomocí markerů

Kubíček, P., Vinš, M., Klupák, V., Přasličák, R., Drápala, J.: Monitoring Airborne Dust Flow in Air from Industrial Agglomeration Sources Using Markers. *Životné prostredie*, 2018, 52, 3, p. 175 – 177.

*Emissions propagated by industrial enterprises were monitored using Instrumental Neutron Activation Analysis (INAA) and markers. The markers were injected by shooting charges containing Mo, La, Ce, Co, KI and  $Ba(NO_3)_2$  with 1 to 2 g weight to 30–40 m height. Filtered injections were performed at 0.85 – 4.5 km from the receptor and the ratio of filter marker weight to the injected weight was in  $10^{-5}$  –  $10^{-8}$  order of magnitude. Re-emission after dry deposition was determined in five markers. The dust exposure on the filters always lasted between one and three weeks and dust composition with approximately 30 elements was determined by INAA. Refinements to this method can certify the source proportions of polluters and the mathematical models of emissions propagation are verifiable by use of markers.*

**Key words:** Instrumental Neutron Activation Analysis, markers, air pollution, environment

Injektáž markerů byla u těchto pokusů prováděna vystřelováním z plynové pistole, u níž byla částecně upravena hlaveň. Náboje byly použity ze zábavní pyrotechniky. Na horní část nábojnice bylo vloženo cca 1 až 2 g markeru po odstranění malé části střelného prachu. Fotograficky byla změřena výška, kde nastal výbuch horní části náboje, tj. injektáž markeru (obr. 1). V prezentovaných případech výbuchy nastávaly ve výšce 30 m. Lze však použít i jiné způsoby injektáže, kdy markery budou vyneseny podle potřeby do výšek korun různých komínů.

Markery byly injektovány do polétavého prachu v blízkosti dvou velkých průmyslových podniků v Ostravě a poblíž elektrárny a dalšího podniku lokalizované tak, aby jižní vítr směřoval k receptoru. Umístění těchto podniků je na schematicém plánu včetně pozice receptoru a použitého markeru (obr. 2). Průmyslové podniky jsou označeny čísly 1 a 2, ve směru od



Obr. 1. Ukázka injektování markerů u průmyslových podniků vystřelováním náboje z pistole – bílá skvrna nahoře je explodující náboj s markerem (Ostrava, duben 2012). Foto: Jaromír Drápala



Obr. 2. Schematický plánek injektáže markerů La, Ce, Mo, Co, I, Ba v blízkosti znečišťovatelů a umístění receptoru R s filtrem

Tab. 1. Hmotnosti prvků (g) detekovaných pomocí instrumentální neutronové aktivační analýzy (INAA) na filtrech

Prvek	Filtr 0	Filtr 1	Filtr 2	Filtr 3	Spolehlivost analýzy
Na	$3,30 \cdot 10^{-5}$	$6,32 \cdot 10^{-4}$	$9,62 \cdot 10^{-4}$	$1,10 \cdot 10^{-3}$	vysoká
K	–	$9,67 \cdot 10^{-4}$	$1,03 \cdot 10^{-3}$	$1,78 \cdot 10^{-3}$	vysoká
Sc	$1,39 \cdot 10^{-8}$	$4,10 \cdot 10^{-7}$	$3,24 \cdot 10^{-7}$	$8,29 \cdot 10^{-7}$	vysoká
Ti	–	$3,62 \cdot 10^{-4}$	–	$4,23 \cdot 10^{-4}$	nízká
Cr	$1,72 \cdot 10^{-6}$	$1,20 \cdot 10^{-5}$	$2,34 \cdot 10^{-5}$	$3,93 \cdot 10^{-5}$	střední
Fe	$2,56 \cdot 10^{-6}$	$3,77 \cdot 10^{-3}$	$3,37 \cdot 10^{-3}$	$5,68 \cdot 10^{-3}$	vysoká
Co	$6,56 \cdot 10^{-8}$	–	–	$9,34 \cdot 10^{-7}$	nízká
Ni	$3,93 \cdot 10^{-6}$	–	–	–	střední
Zn	$2,08 \cdot 10^{-6}$	$3,75 \cdot 10^{-4}$	$1,54 \cdot 10^{-4}$	$1,13 \cdot 10^{-4}$	vysoká
Ga	–	$4,90 \cdot 10^{-7}$	$4,60 \cdot 10^{-7}$	$5,71 \cdot 10^{-7}$	střední
As	$6,76 \cdot 10^{-7}$	$1,29 \cdot 10^{-6}$	$1,50 \cdot 10^{-6}$	$1,33 \cdot 10^{-6}$	vysoká
Br	$1,81 \cdot 10^{-5}$	$3,55 \cdot 10^{-6}$	$2,68 \cdot 10^{-6}$	$1,54 \cdot 10^{-5}$	vysoká
Rb	$5,14 \cdot 10^{-8}$	–	–	–	vysoká
Mo	–	$2,74 \cdot 10^{-6}$	$3,40 \cdot 10^{-6}$	–	nízká
Ru	$8,13 \cdot 10^{-7}$	–	–	–	nízká
Ag	$5,0 \cdot 10^{-10}$	–	–	–	střední
Sb	$2,86 \cdot 10^{-7}$	$8,08 \cdot 10^{-6}$	$9,20 \cdot 10^{-6}$	$7,83 \cdot 10^{-6}$	nízká
Ba	$7,94 \cdot 10^{-8}$	–	–	$2,56 \cdot 10^{-5}$	vysoká
La	$5,99 \cdot 10^{-8}$	$9,54 \cdot 10^{-7}$	$1,04 \cdot 10^{-6}$	$2,22 \cdot 10^{-6}$	vysoká
Ce	$1,37 \cdot 10^{-7}$	–	–	$8,33 \cdot 10^{-6}$	vysoká
Sm	–	$5,73 \cdot 10^{-8}$	$5,18 \cdot 10^{-8}$	–	nízká
W	–	$2,85 \cdot 10^{-7}$	–	–	střední

Vysvětlivky: Filtr 0 – čistý filtr; Filtr č. 1 – Ostrava, 9. – 16. dubna 2012,  $43,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ; Filtr č. 2 – Ostrava, 16. – 23. dubna 2012,  $52,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ; Filtr č. 3 – Ostrava, 23. – 30. dubna 2012,  $61,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

elektrárny byla injektáž prováděna na stanovišti 3 a další podnik ve směru lokality 4. Receptor s filtry je

označen písmenem R. Nejblíže k receptoru byla prováděna injektáž mischmetalů (La + Ce) ve vzdále-

nosti cca 0,85 km. Největší vzdálenosti 4 – 4,5 km byly ze stanoviště 2 s injektáží KI a stanoviště 4, kde bylo injektováno Ba. Na stanovišti 4 byla injektáž provedena z vyvýšeného místa a marker byl injektován do výšky 36 – 42 m podle úrovně terénu okolo tohoto stanoviště.

První expozice prachu na filtru byla prováděna po dobu jednoho týdne před injektáží, kdy koncentrace prachu v ovzduší byla  $C = 43,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Tato expozice určila složení prachu na filtru před vlastní injektáží markerů a sloužila vlastně jako „pozadí“, které se pak odečetlo od expozice filtru s markery. Provedlo se to odečtením hmotnosti Mo, La, Ce, Co, I a Ba z prvního týdne od druhého, resp. třetího týdne. V prvním týdnu byly většinou hmotnosti těchto prvků o řád menší než v druhém týdnu, mimo Mo, u kterého byla tato hmotnost menší jen o 20 %. Množství prachu  $m$  na filtrech a množství vzduchu  $Q$ , které prošlo filtrem, bylo následující: 1. týden  $m = 0,338 \text{ g}$ ,  $Q = 7\,750 \text{ m}^3$ ; 2. týden  $m = 0,40 \text{ g}$ ,  $Q = 7\,660 \text{ m}^3$ ; 3. týden  $m = 0,471 \text{ g}$ ,  $Q = 7\,654 \text{ m}^3$ . Filtry s tímto množstvím prachu byly zaslány do Ústavu jaderného výzkumu AV ČR, v. v. i., v Řeži u Prahy k aktivaci v jaderném lehkodivném reaktoru.

Na konci druhého týdne při koncentraci  $C = 52,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  byly provedeny injektáže markerů a od doby injektáže do konce expozice na filtru uběhlo 36 hodin. V následujícím třetím týdnu byl filtr exponován celý týden při  $C = 61,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Koncem týdne, kdy došlo k injektáži, bylo bezvětří nebo velmi slabý proměnlivý vítr, v následujícím týdnu vál čerstvý nárazový jižní vítr.

La a Ce byly injektovány o hmotnosti  $m = 0,6 \text{ g}$  a  $m = 0,4 \text{ g}$  v jednom náboji, Mo byl injektován ve 4 nábojích o celkové hmotnosti  $m = 8 \text{ g}$  a Co byl injektován v 5 nábojích o hmotnosti  $m = 8 \text{ g}$ . Ve 4 nábojích bylo injektováno  $m = 6 \text{ g}$  KI, tj.  $m = 4,6 \text{ g}$  jódu a ve třech nábojích bylo injektováno  $m = 3 \text{ g}$   $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ , tj.  $m = 1,6 \text{ g}$  Ba.

## Experimentální výsledky

Výsledky získané pomocí INAA jsou uvedeny v tab. 1, kde 0 je označena analýza čistého filtru a pak následuje první, druhý a třetí týden expozice. U analýz je také uvedena spolehlivost stanovení každého prvku, a to vysoká, střední, nízká pro tuto konkrétní analýzu.

V tab. 2 jsou uvedeny hodnoty  $m$  injektovaných vzorků, zjištěné hmotnosti markerů  $\mu_m$  na filtrech, poměr  $p = \mu_m \cdot m^{-3}$ , který charakterizuje zmenšení hmotnosti markeru při trajektorii ze zdroje k receptoru a  $l$  je vzdálenost zdroje od receptoru.

Dále budeme diskutovat hodnoty hmotností markerů v tab. 1. Pokud nebyla stanovena hmotnost konkrétního markeru na filtru č. 1 z prvního týdne expozice před injektováním markerů, je nutno odečítat od hmotnosti markeru hmotnost dotyčného prvku z filtru 0, tj. čistého filtru bez prachu. Tento případ nastal u Co a Ce. U Ba lze tento odečet zanedbat.

Dále je nutno upozornit na důležitý faktor u Mo a La. Tyto markery byly zaznamenány při expozici filtru do 36 hodin od injektáže. U La to bylo  $1,04 \cdot 10^{-7}$  g, což je jen o 9 % větší hodnota než na filtru č. 1 před injektáží, tj.  $9,54 \cdot 10^{-7}$  g. Tyto markery migrovaly difúzí k receptoru při téměř nulové rychlosti větru s určitou pádovou rychlostí.

Markery Co, Ba, La a Ce byly zachyceny na filtru až po 2. týdnů pozorování. La měl hmotnost  $\mu_m = 2,22 \cdot 10^{-6} - 9,54 \cdot 10^{-7} = 1,3 \cdot 10^{-6}$  g, což bylo 15krát větší než hmotnost La v 1. týdnů (tab. 1). Od počátku 2. týdne začal působit čerstvý nárazový jižní vítr, který trval několik dnů. Z těchto skutečností lze dovodit, že nastala reemise prachu a tedy i markerů po suché depozici, tj. opětovném vzestupu prachu z povrchu země. Podle tab. 2 jsou největší hodnoty  $p$  u Ce a Ba, tj. v řádu  $10^{-5}$ . Zvláště u Ba byl tento vliv výrazný, jeho hmotnost na filtru byla  $2,6 \cdot 10^{-5}$  g

Tab. 2. Parametry při injektování vzorků markerů

Parametr	La	Ce	Mo	Co	I	Ba
$m$ (g)	0,6	0,4	8	8	4,6	1,6
$\mu_m$ (g)	$8,6 \cdot 10^{-8}$	$8,2 \cdot 10^{-6}$	$6,6 \cdot 10^{-7}$	$8,7 \cdot 10^{-7}$	*	$2,6 \cdot 10^{-5}$
$p$	$1,43 \cdot 10^{-7}$	$2,05 \cdot 10^{-5}$	$8,25 \cdot 10^{-8}$	$1,1 \cdot 10^{-7}$	*	$1,6 \cdot 10^{-5}$
$l$ (km)	0,85	0,85	1,37	1,8	4,0	4,5

Vysvětlivky:  $m$  – injektované vzorky;  $\mu_m$  – hmotnost markerů na filtrech;  $p$  – poměr zmenšení hmotnosti markerů při trajektorii ze zdroje k receptoru;  $l$  – vzdálenost zdroje od receptoru; \* – hmotnost I byla na hranici stanovitelnosti

(tab. 1). Z toho je zřejmé, že reemise po suché depozici jsou významným faktorem při migraci poléťavého prachu. Podle tab. 2 je u Ba vzdálenost od místa injektáže k receptoru  $l = 4,5$  km.

\* \* \*

V případě dalších injektáží, INAA analýz a aplikací vhodných markerů lze získat nové zkušenosti s touto metodou a výsledky dále upřesňovat. Následným úkolem by byl pokus o vypracování a ověření metody, která by směřovala k určení nejen zdrojových podílů průmyslových podniků, ale také k odhadu momentální vydatnosti zdroje emise prachu z těchto podniků. Tím by se ověřovaly údaje, které tyto podniky oficiálně prezentují.

Bylo by vhodné se tedy pokusit o vývoj metody k určení velikosti momentální vydatnosti emise prachu u větších průmyslových podniků.

Výsledky s markery pomohou i ověřovat a zpřesňovat matematické modely šíření emisí. Práce byly provedeny v přípravné etapě projektu o šíření emisí, bez dotace a mimo pracovní povinnosti. Grantová agentura ČR během sedmi let neposkytla finance na práci a na publikování.

## Literatura

Kojima, S., Saito, T., Takada, J., Furukawa, M., Oda, H., Nakanuta, T., Yokota, K.: Neutron Activation Analysis of Trace Elements at Sediment-Water Interface in the Biwa Lake, Japan. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2003, 255, p. 119 – 123.

Kubiček, P., Vinš, M., Klupák, V., Drápala, J.: Složení poléťavého prachu v průmyslové aglomeraci. *Životné prostredie*, 2017, 51, 3, s. 149 – 151.

Sakai, Y., Tomura, T., Ohshita, K., Koshimizu, S.: Determination of Trace Copper in Water Samples by Neutron Activation Analysis Preceded by Preconcentration on Activated Carbon Powder. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 1998, 230, p. 261 – 263.

**prof. Ing. Petr Kubiček, DrSc.,**  
*prof.kubicek@seznam.cz*

**bývalý pracovník Vědecko-výzkumného uhelného ústavu, a. s.,**  
**Pikartská 1337/7, 716 07 Ostrava-Radvanice, Česká republika**

**Ing. Miroslav Vinš, *vin@cvrez.cz***

**Ing. Vít Klupák, *klu@cvrez.cz***  
**Centrum výzkumu Řež, spol. s r. o., Hlavní 130, 250 68 Husinec-Řež, Česká republika**

**Ing. Roman Prásličák,**

*roman.praslicak@seznam.cz*

**HBH Projekt, spol. s r. o., Chelčického 533/4, 702 00 Ostrava, Česká republika**

**prof. Ing. Jaromír Drápala, CSc.,**

*jaromir.drapala@vsb.cz*

**Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Ul. 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba, Česká republika**



## Program obnovy dediny ako jeden z ekonomických nástrojov na podporu zachovania historických krajinných štruktúr a historických štruktúr poľnohospodárskej krajiny

Hutárová, D.: Village Restoration Programme as One of the Economic Tools to Support Conservation of Historic Landscape Structures and Historical Structures of the Agricultural Landscape. *Životné prostredie*, 2018, 52, 3, p. 178 – 181.

*The Village Restoration Programme is one of few economic tools that cover maintenance of the historical structures of the agricultural landscape. The programme is financed by the Environmental Fund through the Ministry of environment of the Slovak Republic, and funding is focused on environmental aspects of village and landscape restoration. The maximum required donations from the Environmental Fund are 5,000 euros for municipalities and 8,000 euros for micro-regional municipality associations. There is, however, planned extension for the schedule of specific activities, and this will soon allow more recipients to apply for support that can reach up to 200,000 euros. However, as expected, the criteria for allocation of this support will be much more restrictive.*

**Key words:** *The Village Restoration Programme, historical structures of agricultural landscape, green infrastructure, historical landscape structures*

Na Slovensku, v krajine s vysokou prírodnou diverzitou a so zaujímavým historickým vývojom, sa dodnes zachovali mnohé sakrálne a svetské historické krajinné štruktúry (HKŠ). Od predrománskych čias sa náboženské cítenie ľudí prejavuje aj osádzaním prvkov drobnej architektúry sakrálneho charakteru do krajiny. Oproti susedným štátom sa obyvateľstvo Slovenska vyznačuje vysokou religiozitou. Podiel obyvateľov bez vyznania predstavuje len 13,4 % (ŠÚ SR, 2011). Prícestné kríže, plastiky a prvky votívnej (venovanej, ďakovnej) architektúry vznikali s cieľom prosby, vďaka alebo na oslavu Stvoriteľa (ako prosba o ochranu pred povodňami, požiarom, vďaka za vyslyšanie modlitieb, uchránenie od nebezpečenstva, skazy, neúrody a pod). Z krajinárskeho a architektonického hľadiska majú popri kultúrnej, estetickú a ume-

leckej hodnote aj ďalšie hodnoty, medzi ktoré patrí aj ich význam pri označovaní trás, križovatiek, začiatkov a koncov obcí či katastrálnych území (Kanderková, 2013).

Stopy hospodárskej činnosti sa v krajine zachovali aj v podobe terás, medzí, valov. Mnohé vidiecke sídla ovplyvnené emigráciou do miest a následným starnutím obyvateľstva a pustnutím sa však v súčasnosti menia na chalupárske osady. Základným rozvojovým faktorom sa stáva poloha (Izakovičová, 2012). Supuka (2012) uvádza, že živá, produktívna, kultúrna a estetická krajina pretrvá, ak sa všetko, čo sa na vidieku dorobí, spotrebuje do okruhu 50 km. Podľa Pospěcha et al. (2015) však ľudia na dedine nemajú záujem o poľnohospodárstvo. Predstava o „dobrej dedine“ pre nich znamená predovšetkým dedinu s aktívnym spoločenským životom.

V rokoch 2009 – 2011 realizoval Ústav krajinskej ekológie SAV výskumný projekt Výskum a zachovanie biodiverzity v historických štruktúrach poľnohospodárskej krajiny Slovenska. Jeho cieľom bolo zabezpečiť mapovanie a inventarizáciu historických štruktúr poľnohospodárskej krajiny (HŠPK) na území Slovenska a v modelových územiach Svätý Jur, Hriňová a Liptovská Teplička. Tieto územia majú nenahraditeľný ekologický a kultúrno-historický význam. Pod tlakom investičnej výstavby, v dôsledku opúšťania a následnej rýchlo postupujúcej sukcesii lesa môže dôjsť k ich nenávratnému poklesu až strate, nakoľko nie sú na Slovensku objektom špeciálnej legislatívnej ochrany (Špulerová a kol., 2017). Je dôležité nájsť ekonomické nástroje, ktoré by pomohli zvýšiť povedomie laickej a odbornej verejnosti, ako aj vlastníkov a užívateľov pozemkov o HKŠ, zvlášť o HŠPK, a zvyšovali by záujem o ich využitie v miestnom hospodárstve, vidieckom cestovnom ruchu a slúžili by ako predmet pri environmentálnej výchove, vzdelávaní a osвете. Takýto nástroj predstavuje Program obnovy dediny (POD), ktorý sa úspešne realizuje v štátoch Európskej únie.

### Náplň a ciele Programu obnovy dediny

Hlavným cieľom POD je udržať človeka na vidieku. Vytvára ekonomické, organizačné a odborné predpoklady podpory vidieckych komunít k tomu, aby sa vlastnými silami snažili o harmonický rozvoj zdravého životného prostredia, zachovávanie prírodných a kultúrnych hodnôt vidieckej krajiny a rozvoj environmentálne vhodných hospodárskych aktivít s dôrazom na identitu a špecifiká tohto prostredia formou podpory špecifických činností zameraných na riešenie akútnych problémov vidieckych samospráv v oblasti starostlivosti o vidiecke životné prostredie. Nositeľom a garantom POD na Slovensku je Ministerstvo životného prostredia SR, ktoré zároveň poskytuje finančné

Tab. 1. Pridelené dotácie v rámci Programu obnovy dediny v roku 2017

Oblasť Programu obnovy dediny (POD)	Počet dotácií obciam a mikroregionálnych združení obcí	Pridelená suma (€)	Priemerná dotácia (€)
POD 1 Kvalita životného prostredia na vidieku	21	98 539,72	4 692
POD 2 Zelená infraštruktúra a adaptačné opatrenia na zmiernenie dopadov zmeny klímy	129	620 277,09	4 808
POD 3 Environmentálna výchova, vzdelávanie a osвета	15	81 183,19	5 412
Spolu	165	800 000,00	4 971

Zdroj: Slovenská agentúra životného prostredia

zdroje na dotácie prostredníctvom Environmentálneho fondu.

Od roku 2014, kedy sa zmenilo nastavenie dotačnej schémy, odrážajúcej požiadavky a možnosti obcí, ktoré neboli schopné zapojiť sa do veľkých podporných programov, sa projekty stali pre obecné samosprávy čitateľnejšie a schopné uplatniť sa. S menšími obmenami program pokračoval aj v roku 2017, kedy sa definovali tri oblasti POD, v rámci ktorých sa špecifikovali nasledovné činnosti (*www.obnovadediny.sk*):

**POD1: Kvalita životného prostredia na vidieku – podpora je určená na realizáciu aktivít zameraných na:**

- podporu odpadového hospodárstva;
- podporu ochrany vodných pomeroch a vodárenských zdrojov na lokálnej úrovni.

**POD2: Zelená infraštruktúra a adaptačné opatrenia na zmiernenie dopadov zmeny klímy – podpora na aktivity, v rámci ktorých môžeme identifikovať aj opatrenia podporujúce zachovanie HKŠ), ale aj na:**

- budovanie prvkov zelenej infraštruktúry mimo zastavaného územia;
- budovanie prvkov zelenej infraštruktúry v zastavanom území;
- ochranu charakteristického vzhľadu krajiny, starostlivosť o HKŠ a ich rekonštrukciu;
- monitoring a likvidácia invázných druhov rastlín vrátane likvidácie invázných druhov pozdĺž vodných tokov po dohode so správcom toku;
- zmiernenie dopadov klimatických zmien, adaptačné opatrenia na lokálnej úrovni v súlade so *Stratégiou adaptácie Slovenskej*

*republiky na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy (2017);*

- výmenu a budovanie vodopriepustných verejných plôch v rozsahu max. 50 % z rozpočtu žiadanej dotácie a v kombinácii s výsadbou verejnej zelene.

**POD3: Environmentálna výchova, vzdelávanie a osвета – schéma sa zameriava na:**

- zlepšovanie environmentálneho povedomia, realizáciu programov environmentálnej výchovy, vzdelávania a osvetu, šírenie príkladov dobrej praxe, tvorbu výstav, posterov, publikácií a učebníc s environmentálnou tematikou;
- obnovu a zriaďovanie náučných expozícií, náučných a zážitkových chodníkov a lokalít, edukačných areálov;
- propagáciu geoparkov Slovenska;
- podporu udržiavania tradičných spôsobov starostlivosti o krajinu charakteristických pre daný región, realizáciu výchovno-vzdelávacích podujatí pre predstaviteľov samosprávy, deti, mládež a širokú verejnosť.

**Čerpanie dotácií z Programu obnovy dediny**

Podľa údajov Slovenskej agentúry životného prostredia sa v období rokov 1998 – 2017 zapojilo do POD spolu 2 415 obcí a 260 mikroregionálnych združení obcí, čo spolu predstavuje 87,91 % všetkých obcí Slovenska bez štatútu mesta. Za toto obdobie podali obce a mikroregionálne združenia obcí 13 778 žiadostí v celkovej výške 72,44 mil. eur, pričom podporu získala

3 407 projektov (28,83 %) v úhrnnej výške 10,83 mil. eur. Priemerná výška dotácie predstavovala 3 307 eur.

Za uvedené obdobie sa výška priemernej dotácie zvýšila z 1 650 eur v roku 1998 na 4 848 eur v roku 2017, najvyššiu hodnotu však zaznamenávame rok predtým (4 935 eur). Vzrástol aj percentuálny podiel podporených žiadostí z 20,48 % v roku 1998 na 55,74 % v roku 2017. Najvyšší podiel pripadal na rok 2015 (85,98 %), kedy sa podporilo 184 projektov s priemernou dotáciou 4 843 eur. Celkovo najvyšší nárast žiadostí bol zaznamenaný v roku 2008, kedy obce predložili 1 060 a mikroregionálne združenia obcí 96 projektov. MŽP SR mohlo podporiť len 17,56 % z nich, ale s dovedy najvyššou priemernou dotáciou 4 088 eur.

V roku 2017 bolo podaných 296 žiadostí o pridelenie spolu 1 441 971,62 eur. Ministerstvo podporilo 55,74 % žiadostí a pridelo dotácie pre 165 projektov (tab. 1).

**Podpora obnovy historických krajiných štruktúr v rámci Programu obnovy dediny**

Ako vyplýva z uvedeného, väčšina projektov (78,18 %) sa sústreďuje na činnosti POD 2: Zelená infraštruktúra a adaptačné opatrenia na zmiernenie dopadov zmeny klímy. Na starostlivosť o HKŠ a ich rekonštrukciu však nebola podaná ani jedna žiadosť, čo poukazuje nielen na prvoradú potrebu riešiť havarijné stavy, zveľaďovať intravilány obcí, ale aj na nízku informovanosť o význame a výnimočnosti HKŠ, ktoré nie sú v povedomí obyvateľstva dostatočne zviditeľnené.

Podľa *Usmernenia pre žiadateľov o poskytnutie podpory formou dotácie* v rámci POD predstavujú HKŠ banské reliktory, agrárne štruktúry, terasy a línie vegetácie. Významné krajinné prvky a pamätihodnosti predstavujú rašeliniská, stepné spoločenstvá, remízky, trvalé trávne porasty, nálezišká nerastov a skamenelín, skalné útvary a telesá, travertínové kopy, božie muky, kaplnky a kríže, ktoré tvoria súčasť krajiny ([www.obnovadediny.sk](http://www.obnovadediny.sk)).

Mnohé HKŠ a významné krajinné prvky a pamätihodnosti sú zapísané aj v *Štátnom zozname osobitne chránených častí prírody SR* ako chránený krajinný prvok, chránený areál, prírodná pamiatka, národná prírodná pamiatka, obecné chránené územie, chránené vtáčie územie. Slúžia nielen na zabezpečenie ochrany biotopov národného významu, ochrany biotopov európskeho významu, ochrany biotopu druhov národného alebo európskeho významu, ale majú aj vedecký, kultúrny, ekologický, estetický alebo krajnotvorný význam. Plnia funkciu biocentra, biokoridoru alebo interakčného prvku a podľa 2. – 5. stupňa ochrany sa na ne vzťahujú rôzne obmedzenia (podľa zákona č. 543/2002 o ochrane prírody a krajiny). Túto skutočnosť možno v súčasnosti využiť ako výhodu pri žiadosti o dotácie nielen v oblasti životného prostredia, ale aj cestovného ruchu a rozvoja vidieka, kultúry a umenia či poľnohospodárstva a potravinárstva.

HŠPK predstavujú v krajine prevažne extenzívne obhospodarované polia, lúky, pasienky, ovocné sady a vinohrady, resp. opustené, v súčasnosti nevyužívané plochy s nízkym stupňom sukcesie, ktoré neboli zasiahnuté intenzifikáciou. Podľa spôsobu hospodárenia s pôdou a na základe prítomnosti troch rozlišujúcich charakteristických prvkov využitia krajiny – rozptýlené osídlenie, vinohrady a ovocné sady – boli vyčlenené štyri základné typy HŠPK (Špulerová a kol., 2017):

1. typ rozptýleného osídlenia;

2. vinohradnícky typ;
3. oračínovo-lúčno-pasienkovo-sadový typ;
4. oračínovo-lúčno-pasienkový typ.

Mapovaním HŠPK sa zdokumentovali aj antropogénne formy reliéfu, ktoré sa na jednotlivé typy HŠPK viažu (svahy terás, stupňovité medze, kopy, valy, nespevnené múriky, kopy a valy ukladané do terás) a ich biodiverzita. Ako doplnujúce informácie sa zaznamenali poľnohospodárske stavby a prvky drobnej architektúry (Špulerová a kol., 2017): vínné pivnice, pivnice na iné poľnohospodárske produkty, stodoly a senníky, prístrešky, studne, božie muky, kríže, sochy a iné.

Typy HŠPK v rôznych geografických oblastiach Slovenska, v ktorých môžu byť prítomné aj rôzne HKŠ, tak predstavujú jedinečný krajinný priestor. Spolu vytvárajú charakteristický vzhľad krajiny a jeho *genius loci*.

V žiadostiach o dotácie v rámci POD je pri ochrane charakteristického vzhľadu krajiny, starostlivosti o HKŠ a ich rekonštrukcii dôležitejší návrh opatrení na zachovanie žiaduceho stavu krajiny ako identifikácia, hodnotenie obsahu a významu krajiny a skúmanie rizík. Pri návrhu aktivít ochrany charakteristického vzhľadu krajiny a starostlivosti o HKŠ sa preto odporúča postupovať podľa metodiky identifikácie a hodnotenia charakteristického vzhľadu krajiny (Jančura a kol., 2010). Vypracovanie tejto témy sa však nezaobíde bez hlbších poznatkov o identifikácii a hodnotení charakteristického vzhľadu krajiny, čo zvyšuje náklady obcí na odborné vypracovanie návrhov, ktoré sa považujú za neoprávnené pre činnosti v rámci oblasti POD.

#### **Príkladné projekty Programu obnovy dediny**

Na základe porovnania podporovaných projektov v roku 2017 s predchádzajúcimi ročníkmi vyplýva, že pri predmetoch v žiadostiach o dotácie nastáva určitá zmena. Záujmy mikroregionálnych združení obcí a obcí sa začínajú presúvať k projektom, ktoré prispievajú k starostlivosti o krajinu,

čím dostáva myšlienka dotácií POD komplexnejší charakter. Napríklad Združenie mikroregiónu Nízke Tatry a Rudohorie RENTAR v okrese Banská Bystrica vypracovalo projekt na spracovanie mapy mikroregionálnych združení obcí RENTAR a súbor informačných skladačiek Krajinnárske hodnoty mikroregiónu RENTAR ([www.crz.gov.sk](http://www.crz.gov.sk)). Významnejší sa javí projekt *Adaptačná stratégia obce Kladzany*, cieľom ktorého je zvýšiť pripravenosť obce Kladzany na adaptovanie negatívnych vplyvov zmien klímy definovaním zraniteľnosti územia a obyvateľov obce a návrhom a plánom adaptačných opatrení s využitím zelenej a modrej infraštruktúry ([www.crz.gov.sk](http://www.crz.gov.sk)). Investíciou do adaptačnej budúcnosti obce Nižná Voľa sa vytvorí funkčný, na seba nadväzujúci protipovodňový systém, a tým pádom sa posilní pripravenosť na nepriaznivé dopady zmeny klímy, ktoré sa už na území obce prejavujú obdobiami sucha a privalovými dažďami. Podobný charakter predstavuje *Štúdia protipovodňovej ochrany obce Sklené Teplice* ([www.crz.gov.sk](http://www.crz.gov.sk)) a *Lokálna adaptačná stratégia na dopady zmeny klímy v obci Spišská Teplica* (Jarošová a kol., 2017). Projekt *Stavajme a gazdujme s citom pre krajinu Združenia obcí Mikroregión Terchovská dolina* kombinuje interaktívnu vzdelávaciu, osvetovú, publikačnú a zážitkovú činnosť so zameraním na zlepšenie environmentálneho povedomia širokej verejnosti a zároveň zlepšenie životného prostredia krajiny a sídel Mikroregiónu Terchovská dolina. Realizáciou štyroch odborných seminárov sa mal rozvíjať dialóg medzi jednotlivými aktérmi v území (verejným, súkromným a občianskym sektorom, ochranou prírody, stavebníkmi a odborníkmi v oblasti stavebníctva a starostlivosti o krajinu) ([www.crz.gov.sk](http://www.crz.gov.sk)). Jedným z hlavných výstupov projektu je aj stostranový manuál *Ako stavať pod Rozsutcom*, ktorý má pomôcť samosprávam a stavebníkom v Terchovskej doline v citlivom stavebnom rozvoji a krajinnom manažmente (TA SR, 2017). Medzi nie menej významné projekty, ktoré

prispievajú k ochrane HKŠ, môžeme zaradiť aj projekt Obnovy tradičného ovocinárstva v Bošáci. Pri rodinných domoch a v záhradách obyvateľov sa vysadili ovocné stromy jabloní, sliviek, hrušiek a čerešní starých pôvodných odrôd (Luprich, 2016). Obec Podhorie v okrese Banská Štiavnica získala dotáciu na Ovocný a okrasný park v Podhorí. Výsadbou pätnástich vzácných starých odrôd ovocných stromov sa rozhodli obnoviť školskú záhradu Horákovu štepnicu ([www.crz.gov.sk](http://www.crz.gov.sk)).

### Program obnovy dediny v roku 2018

V roku 2018 pokračuje POD ako v predchádzajúcom roku, ale schéma opatrení sa doplnila o ďalšie oblasti:

- ochranu ovzdušia a ozónovej vrstvy Zeme;
- ochranu a využívanie vôd;
- rozvoj odpadového hospodárstva;
- ochranu prírody a krajiny;
- environmentálnu výchovu, vzdelávanie a propagáciu;
- prieskum, výskum a vývoj zameraný na zisťovanie a zlepšenie stavu životného prostredia;
- environmentálne záfaže.

Na jednotlivé činnosti v rámci uvedených oblastí sa zvýšila hodnota dotácií na 200 000 eur. Kritériá na poskytnutie podpory formou dotácie sa sprísnilo o úroveň odborného riešenia projektu vo vzťahu k zlepšeniu životného prostredia, ale aj o súlad s európskymi a národnými stratégiami a koncepciami či o koeficient ekologickej kvality krajiny. Okrem obcí môžu o dotáciu požiadať aj samosprávne kraje, príspevkové organizácie, občianske združenia, záujmové združenia právnických osôb, nadácie, neinvestičné fondy a neziskové organizácie poskytujúce verejnoprospešné služby s environmentálnym zameraním ([www.obnovadediny.sk](http://www.obnovadediny.sk)).

\* \* \*

HKŠ a významné krajinné prvky a pamätihodnosti sa nachádzajú snáď v každej obci na Slovensku. Vznikali

spontánne z určitej okamžitej potreby miestneho obyvateľstva. Ich identifikáciu a mapovanie sťažuje aj fakt, že boli v minulosti opúšťané, odstraňované, prekryvané, podliehali vandalizmu alebo sa stali objektom nelegálnych skládok odpadu. Aj v súčasnosti sa dajú mnohé z nich znovuobjaviť a zreštaurovať. V prípade HŠPK sa snaha zameriava na uprednostnenie takých spôsobov obhospodarovania, ktoré by tieto štruktúry neodstraňovalo. Nemali by sme upierať ľuďom, ktorí v danom regióne žijú, túto možnosť a právo napr. vybudovať si novú kaplnku či pamätné miesto bez zapojenia odborníkov do tvorby daného prvku. V nasledujúcom období sa však ponúka možnosť realizácie finančne nákladných a priestorovo rozsiahlych projektov, cieľom ktorých by mohlo byť aj zviditeľnenie a propagácia ďalších zaujímavých HKŠ, následne ich využívanie v miestnom hospodárstve či cestovnom ruchu a ich obnova a zachovanie. Veľa samospráv si však ani neuvedomuje ich hodnotu a význam. Zo strany verejnosti sú často prehliadané a brané ako samozrejmosť alebo dokonca ako negatívny prvok v krajine. Vytvorením propagačných máp, tabúl, náučných chodníkov, bulletinov by sa pozitívne ovplyvňovalo povedomie verejnosti o kultúrno-historickom a ekologickom význame a úlohe HKŠ a HŠPK pri poskytovaní ekosystémových služieb. Vhodný manažment už existujúcich HKŠ, významných krajinných prvkov a pamätihodností za spoluúčasti dotknutých inštitúcií, ako napr. Pamiatkového úradu SR, Štátnej ochrany prírody SR, Ministerstva životného prostredia SR, Slovenskej agentúry životného prostredia, Ústavu krajinskej ekológie SAV a iných, by mal prispieť k ich zachovaniu. Bolo by tiež vhodné v *Usmernení pre žiadateľov o poskytnutie podpory formou dotácie* v rámci POD rozšíriť zoznam HKŠ a významných krajinných prvkov a pamätihodností o ďalšie prvky, príp. zvážiť možnosť poskytovania dotácií aj na podporu rozvoja tradičného poľnohospodárstva v štyroch základných typoch HŠPK.

*Príspevok vznikol ako výstup projektu podporeného Vedeckou grantovou agentúrou MŠVVaŠ SR a SAV č. 2/0066/15 Zelená infraštruktúra Slovenska.*

### Literatúra

- Izakovičová, Z.: Kvalita životného prostredia vidieckych sídel na Slovensku. *Životné prostredie*, 2012, 46, 4, s. 176 – 179.
- Jančura, P., Bohálová, I., Slámová, M., Mišíková, P.: Metodika identifikácie a hodnotenia charakteristického vzhľadu krajiny. *Vestník Ministerstva životného prostredia*, 2010, 18, časť 1b, s. 2 – 51.
- Jarošová, Z., Schvalb, M., Šteiner, A.: Lokálna adaptačná stratégia na zmenu klímy obce Spišská Teplica. Košice: Karpatský rozvojový inštitút, 2017, 65 s. ([www.obcspi-skateplica.sk/e\\_download.php?file=data/editor/130sk\\_1.pdf&original=LAS\\_Teplica.pdf](http://www.obcspi-skateplica.sk/e_download.php?file=data/editor/130sk_1.pdf&original=LAS_Teplica.pdf))
- Kanderková, M.: Prvky votivnej architektúry v krajine a ich význam. *Acta environmentalia Universitatis Comenianae*, 2013, 21, 2, s. 27–35.
- Luprich, A.: Tradičných odrôd ubúda, v Bošáci ich začali vysádzať. *MY Trenčín*, 2016. (<https://mytrencin.sme.sk/c/20375289/tradicnych-odrod-ubuda-v-bosaci-ich-zacali-vysadzat-foto.html>)
- Pospěch, P., Spěšná, D., Staveník, A.: Images of a Good Village: A Visual Analysis of the Rural Idyll in the “Village of the Year” Competition in the Czech Republic. *European Countryside*, 2015, 2, p. 68 – 86.
- Supuka, J.: Tradície, prístupy a možnosti obnovy a rozvoja vidieka. *Životné prostredie*, 2012, 46, 4, s. 171 – 175.
- Stratégia adaptácie Slovenskej republiky na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy – aktualizácia. Bratislava: Ministerstvo životného prostredia SR, 2017, 122 s.
- Špulerová, J., Štefunková, D., Dobrovodská, M. a kol.: Historické štruktúry poľnohospodárskej krajiny Slovenska. Bratislava: Veda, vydavateľstvo SAV, 2017, 144 s.
- ŠÚ SR (Štatistický úrad SR): Základné údaje zo Sčítania obyvateľov, domov a bytov 2011. Obyvateľstvo podľa náboženského vyznania. Bratislava: Ústredie štatistického úradu SR, 2011. (<https://census2011.statistics.sk/tabulky.html>)
- TA SR: Gbeľany: Manuál Ako stavať pod Rozsutcom má pomôcť pri rozvoji Terchovskej doliny. 2017 (<https://www.enviroportal.sk/clanok/gbelany-manual-ako-stavat-pod-rozsutcom-ma-pomoc-pri-rozvoji-terchovskej-doliny>)

**Mgr. Daniela Hutárová, PhD.,**  
[daniela.hutarova@savba.sk](mailto:daniela.hutarova@savba.sk)

Ústav krajinskej ekológie Slovenskej akadémie vied, Štefánikova 3, P. O. Box 254, 814 99 Bratislava



## Padesát let od založení Římského klubu

Průmyslová éra nám přinesla hodně dobrého (lepší materiální zajištění, kvalitnější zdravotní péči, vzdělání, vyšší očekávanou délku života apod.). Vedle nesporných kladů však přinesla industrializace také exponenciální nárůst spotřeby surovin a energie, produkci znečištění a sedminásobný nárůst světové populace během 150 let.

Problémy (nejen ty environmentální) tak nabývají globálních rozměrů a jsou těžko řešitelné nebo přímo neřešitelné na úrovni národních států. Dnes je to celkem triviální konstatování, ale před padesáti lety byla situace jiná – globální problémy byly ignorovány (snad s výjimkou nebezpečí globálního nukleárního konfliktu).

### Vizionář Aurelio Peccei

V dobách vyhrocujících se problémů se občas objeví vizionáři, kteří přijdou s novým, neotřelým pohledem na svět, a otevřou tak pro naši budoucnost „okno příležitosti“. Mezi takové osobnosti patřil Aurelio Peccei, italský ekonom a zakladatel Římského klubu.

Narodil se v červenci 1908 v Turíně a zemřel v březnu 1984 v Římě. Po většinu života byl jedním z klíčových manažerů automobilky Fiat, zakládal např. její pobočky v Číně a v Argentíně. Dlouhodobě ho však zajímaly také problémy a výzvy přerůstající hranice jednoho podniku či státu. Byl to vizionář přemýšlející v souvislostech.

Dne 7. dubna 1968 založili společně se Skotem Alexandrem Kingem Římský klub – volné sdružení politiků, vědců a umělců. Ideje Římského klubu a první léta jeho činnosti jsou popsány v autobiograficky laděné knížce *Lidská kvalita* (Peccei, 1977). Aurelio Peccei tvrdil, že toto období pro něj bylo „dobrodružstvím ducha“: *Jestliže má Římský klub nějakou zásluhu, tak spočívá v tom, že se stal prvním rebelem proti sebevražedné neschopnosti uvažovat o dlouhodobých důsledcích našeho jednání.*

### První zpráva Římskému klubu

Římský klub si nechává periodicky vypracovat zprávy na různá témata, která následně do hloubky diskutuje. Pokud se s vyzněním zprávy členové Římského klubu ztotožní, je následně publikována knižně jako oficiální zpráva Římskému klubu. Pokud se Římský klub, který má po celou dobu své existence jen něco málo přes sto členů, se závěry zprávy neztotožní, nic nebrání autorům ji publikovat samostatně, ne však pod hlavičkou Římského klubu.

O první zprávu Římskému klubu byl požádán jeden ze zakladatelů systémové dynamiky na *Massachusetts Institute of Technology*, profesor Jay Forrester. Ten však předal tuto výzvu dvěma svým mladým asistentům – Donelle a Dennisovi Meadowsovým. K nim se připojil ještě norský vědec Jorgen Randers a William W. Behrens III a společně vypracovali z dnešního pohledu poměrně jednoduchý dynamický model World 1, simulující vývoj světa při nezměněných trendech našeho chování a jednání. Konkrétně se zaměřili především na důsledky nárůstu populace, zemědělské produkce, spotřeby neobnovitelných zdrojů a znečištění životního prostředí.

Pro všechny zkoumané trendy je charakteristický exponenciální vývoj. Exponenciální růst v prostorově ohraničené biosféře však nemůže trvat dlouho. Dříve či později narazíme na „limity růstu“. Autoři tak např. v roce 1972 v publikaci *Meze růstu* předpovídali vyčerpání ropy za 31 let (Meadows et al., 1972). To se nestalo, ale, obecně vzato, jejich varování dlouhodobě neudržitelnosti spotřeby zdrojů stále platí. Jako řešení navrhovali tzv. nulový růst světového hospodářství, což nebylo a není reálné. Znamenalo by to odsoudit rozvojové země k věčné chudobě nebo drasticky omezit hospodářské aktivity rozvinutých zemí.

První zpráva Římskému klubu byla tedy značně kontroverzní a vzbudila velkou pozornost a také velké

emoce. Dodnes má své velké příznivce i zapřísáhlé odpůrce.

### Od nulového k organickému růstu

O čtyři roky později reagovali na tuto „past nulového růstu“ autoři druhé zprávy Římskému klubu koncepcí tzv. „organického růstu“ (Mesarovic, Pestel, 1976). Jako inspiraci pro rozvoj lidského hospodářství nabízeli vývoj živých organismů. Ty také rostou, ale různé části živého organismu se v čase vyvíjejí různě do své optimální podoby. Svět se vyvíjí podobně nerovnoměrně a především pro rozvojové země je prozatím další hospodářský růst nezbytný. Rozvinuté země by naopak místo kvantity měly usilovat o kvalitu, tedy ekonomický růst by měl být stále více nahrazován vývojem, který není tolik závislý na spotřebě surovinových a energetických zdrojů.

Po deseti letech od vydání knihy *Meze růstu* (Meadows et al., 1972) publikoval Římský klub aktualizovanou studii *Překročené hranice – Beyond the Limits* (Meadows et al., 1992). Simulace budoucího vývoje na Zemi byly založeny na zdokonaleném počítačovém modelu World 3 a testovaly čtyři možné typy chování:

1. trvalý exponenciální růst čerpání zdrojů vycházející z růstu populace a materiální ekonomiky;
2. logistický růst ve tvaru S-křivky plynule se přibližující fyzickým limitům únosné kapacity Země;
3. „přestřelení“ (*overshoot*), tj. překročení hranic únosné kapacity naší planety doprovázené oscilacemi kolem těchto hranic;
4. „přestřelení“ doprovázené vyčerpáním nebo zničením přírodních zdrojů a následným kolapsem lidské společnosti jako celku.

První možnost je čistě teoretická a vzhledem k limitovaným zdrojům nereálná, druhá představuje žádoucí (ideální) variantu, třetí přináší těžké, ale řešitelné problémy, čtvrtá vede k neřešitelným důsledkům. Závěr studie autoři shrnují následovně: využívání mnoha základních zdrojů a produkce mnoha druhů znečišťujících látek

už překročilo míry, které jsou fyzicky udržitelné. Bez podstatného snížení materiálových a energetických toků nás čeká nekontrolovatelný pokles spotřeby potravin, energie a průmyslové produkce na jednoho obyvatele.

### Další zprávy Římskému klubu

Za dobu trvání Římského klubu vyšlo více než čtyřicet zpráv, mezi jinými např.: *Změna mezinárodního pořádku* (Tinbergen, ed., 1976), *Cíle pro lidstvo* (Laszlo, ed., 1977), *Konec věku plýtvání* (Gabor et al., 1978), *Učení bez hranic* (Botkin et al., 1978), *Cestovní mapa do budoucnosti* (Hawrylyshyn, 1980), *První globální revoluce* (King, Schneider, 1991), *Kapacita vládnutí* (Dror, 1994), *Faktor čtyři* (Weizsäcker et al., 1997), *Modrá ekonomika* (Pauli, 2010).

Z poslední doby mezi nejvýznamnější zprávy patří právě *Modrá ekonomika* Guntera Pauliho (2010), který zdůrazňuje, že hospodářství lidské společnosti musí v co největší míře napodobit hospodaření přírody, to znamená, že materiálové cykly by měly být co nejvíce uzavřeny. Stejně jako příroda nezná pojem „odpad“, tak i v ekonomice je nutné, aby se každý odpad stal výchozí surovinou pro něco jiného. Celé by to mělo být poháněno energií pouze z obnovitelných zdrojů, z níž se část nevratně ztrácí ve formě odpadního tepla (podle druhého termodynamického zákona). Pauli to nazývá „kaskádovitá ekonomika“, jiní autoři mluví o cirkulární ekonomice, případně o zelené ekonomice.

Na jaře 2018 bude při příležitosti 50. výročí založení Římského klubu publikováno kolektivní dílo asi 30 autorů (vesměs členů Římského klubu) s názvem *Come On!* Výraz *come on* má dva významy, resp. lze jej přeložit dvěma způsoby: první – nevoď mne za nos, nedělej si ze mne legraci, nešid, druhý význam – dejme se do toho, pusťme se do díla. První, analytická část práce bude tedy stručnou zprávou o stavu světa a nepříznivých vývojových trendech, kterým se mnozí zdráhají uvěřit a podvědomě se je spíše snaží ze své mysli vytěšňovat. Druhá část práce se bude věnovat

formulování návrhů, co s tím, to je to „nečekejme a pusťme se do práce“. Více nyní prozradit nemohu, zájemci si budou moci knihu objednat po jejím oficiálním představení na letošní říjnové výroční konferenci Římského klubu v Římě.

### Římský klub v České republice a Slovenské republice

Ve světě a především v Evropě byla založena v průběhu let řada národních asociací Římského klubu. V Československu však až do listopadové revoluce v roce 1989 Římský klub nemohl působit z ideologických důvodů. V roce 1990 byla konečně založena Československá asociace Římského klubu, která se po rozpadu republiky rozdělila na asociaci českou a asociaci slovenskou. Působila zde řada vynikajících a známých osobností, např. Václav Havel či Fedor Gál. Postupně však nadšení opadalo, mnozí členové byli zahlceni řadou jiných pracovních aktivit. V současné době tvoří Českou asociaci Římského klubu pouze několik aktivních členů, a pokud je mi známo, situace na Slovensku je obdobná. Obě národní asociace čekají na nějaký výrazný impulz, který by mohl k zájmu o budoucnost přitáhnout především mladší generaci. Jestli, a především kdy se tak stane, však zůstává otevřenou otázkou.

\* \* \*

A jaká je budoucnost Římského klubu? Těžko říct. V minulosti toto sdružení výrazných světových osobností mnohokrát upozorňovalo na zhoršující se stav planety, ale byl to „hlas volajícího na poušti“. Pokud se temné scénáře naplní, vím, že se členové Římského klubu nebudou radovat a bít se v prsa se slovy „my jsme vám to říkali“. Myslím, že budou pociťovat stejný smutek za ztracenými sny o lepší budoucnosti, jako my ostatní.

Pokud se varování Římského klubu nenaplní, vůbec to neznámá, že úsilí jeho členů bylo zbytečné či pomýlené. Jejich předpovědi se jen promění v „sebedestruktivní prognózy“. Tedy tím, že hrozby Římský klub formulo-

val a varoval nás, přispěl snad alespoň trochu ke změně našeho chování a jednání, díky němuž krize (kolaps, katastrofa) nenastala, nebo měla výrazně mírnější a snesitelnější průběh.

### Literatura

- Botkin, J. W., Elmandjra, M., Malitza, M.: No Limits to Learning. Bridging the Human Gap. A Report to the Club of Rome. Oxford: Pergamon Press, 1978, 159 p.
- Dror, Y.: Capacity to Govern. A Report to the Club of Rome. Barcelona: Circulo de Lectores, Galaxia Gutenberg, 1994, 264 p.
- Gabor, D., Colombo, U., King, A., Galli, R.: Beyond the Age of Waste. A Report to the Club of Rome. Oxford: Pergamon Press, 1978, 238 p.
- Hawrylyshyn, B.: Road Maps to the Future. Towards More Effective Societies. Oxford: Pergamon Press, 1980, 214 p.
- King, A., Schneider, B.: The First Global Revolution. A Report by the Council of the Club of Rome. London: Simon & Schuster, 1991, 286 p.
- Laszlo, E. (ed.): Goals for Mankind. A Report to the Club of Rome on the New Horizons of Global Community. New York: Dutton, 1977, 434 p.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J.: Beyond the Limits. Confronting Global Collapse Envisioning a Sustainable Future. Vermont: Chelsea Green Publishing Co., 1992, 300 p.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., Behrens III, W. W.: The Limits to Growth. A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind. New York: Universe Books, 1972, 206 p.
- Mesarovic, M., Pestel, E.: Mankind at the Turning Point. The Second Report to the Club of Rome. New York: Dutton, 1976, 210 p.
- Pauli, G.: The Blue Economy. 10 Years, 100 Innovations, 100 Million Jobs. Taos: Paradigm Publications, 2010, 336 p.
- Peccei, A.: The Human Quality. Oxford: Pergamon Press, 1977, 214 p.
- Tinbergen, J. (ed.): Rio: Reshaping the International Order. A Report to the Club of Rome. New York: Dutton, 1976, 325 p.
- Weizsäcker, E., Lovins, A. B., Lovins, L. H.: Factor Four: Doubling Wealth – Halving Resource Use. The New Report to the Club of Rome. London: Earthscan, 1997, 322 p.

**doc. RNDr. Pavel Nováček, CSc.,**

*pavel.novacek@upol.cz*

**Katedra rozvojových a environmentálních studií Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Třída 17. listopadu 12, 771 46 Olomouc, Česká republika; Česká asociace Římského klubu, Smetanovo nábřeží 995/6, 110 00 Praha-Staré Město, Česká republika**

## Európska strategická výskumná agenda projektu INSPIRATION

V dňoch 4. až 6. decembra 2017 sa v Bruseli pri príležitosti Svetového dňa pôdy konalo podujatie *Územie, pôdy a veda*, na ktorom boli prezentované najnovšie poznatky dosiahnuté v rámci európskych projektov Horizont 2020 INSPIRATION a SOILS4EU. Obidva projekty spája téma pôdy a jej udržateľného využitia. Projekt INSPIRATION je zameraný na vypracovanie európskej strategickú výskumnej agendy pre integrované priestorové plánovanie, využitie územia a manažment pôdy a projekt SOILS4EU rieši postupy na skvalitnenie implementácie Tematickej stratégie na ochranu pôdy (EK, 2006).

Svetový deň pôdy sa organizuje na základe iniciatívy Medzinárodnej únie vedy o pôde už od roku 2002 vždy 5. decembra. Jeho hlavným cieľom je zvýšiť informovanosť o význame pôdy, zamerať pozornosť na dôležitosť zdravých pôd a na udržateľné hospodárenie s pôdnymi zdrojmi. Svetový deň pôdy 2017 bol venovaný globálnemu partnerstvu v oblasti pôdy a jeho mottom bolo „starostlivosť o planétu začína od zeme“.

Podujatie Svetový deň pôdy 2017 – *Územie, pôdy a veda* – sa konalo v Bruseli za účasti reprezentantov Európskej komisie z Generálneho riaditeľstva pre výskum a inovácie Európskej komisie a z Generálneho riaditeľstva pre životné prostredie. Aj týmto spôsobom sa Európska komisia a členské štáty EU snažia aktívne presadiť sedemnášť cieľov udržateľného rozvoja definovaných v dokumente AGENDA 2030, ktorú prijala OSN v roku 2015 ako jadro ich politických rámcov, priorít a rozpočtov. Európska komisia sa veľmi aktívne usiluje, aby sa ciele udržateľného rozvoja stali súčasťou hlavného prúdu politik a iniciatív a súčasťou každodennej práce Európskej komisie. Na podujatí sa

zúčastnilo viac ako 240 účastníkov – politikov, riadiacich pracovníkov zo štátnych správ a samospráv, zástupcov akademického sektora, súkromného sektora a odborníkov z praxe zo 40 krajín Európy, Ameriky, Afriky a Ázie (obr. 1).

Riešitelia projektu INSPIRATION zorganizovali 5. decembra 2017 v rámci programu Svetového dňa pôdy 2017 záverečnú konferenciu, počas ktorej predstavili hlavný výstup projektu, a to strategickú výskumnú agendu pre integrované priestorové plánovanie, využitie a manažment pôdy. Na záverečnej konferencii sa spoločne diskutovalo o tom, ako prakticky využiť už dosiahnuté výsledky výskumu a ktorým tematickým oblastiam treba venovať v najbližších rokoch zvýšenú pozornosť. Konfrontácia názorov vedcov s praktickými skúsenosťami tvorcov politik, riadiacich pracovníkov a koncových užívateľov výsledkov výskumu potvrdila mimoriadny význam európskeho a nadnárodného výskumu a prispela k formulácii požiadaviek, ako zvýšiť efektívnosť jeho financovania. Nasledujúce riadky prinášajú informáciu o cieľoch projektu INSPIRATION, postupe jeho riešenia a hlavných dosiahnutých výstupoch.

### Ciele projektu INSPIRATION a jeho riešitelia

Hlavným cieľom projektu Horizont 2020 INSPIRATION č. 642372 *Výskumné opatrenia pre integrované priestorové plánovanie, využívanie zeme a manažment pôdy* je vypracovať pre Európu strategickú výskumnú agendu o pôde, využívaní pôdy a hospodárení s pôdou vo väzbe na významné spoločenské výzvy. Projekt sa realizoval v období od marca 2015 do februára 2018 a do jeho riešenia bolo zapojených dvad-

sať dva partnerských pracovísk zo sedemnástich krajín (Belgicko, Česká republika, Fínsko, Francúzsko, Holandsko, Nemecko, Poľsko, Portugalsko, Rakúsko, Rumunsko, Slovensko, Slovinsko, Španielsko, Spojené kráľovstvo Veľkej Británie a Severného Írska, Švajčiarsko, Švédsko a Taliansko). Koordinátorom projektu bola Nemecká agentúra pre životné prostredie.

### Účasť Slovenska na riešení projektu INSPIRATION

Projekt H2020 INSPIRATION bol podporený aj účasťou pracovísk zo Slovenska, a to Ústavu ekológie lesa SAV, Ústavu krajinej ekológie SAV a Katolíckej univerzity v Ružomberku pod vedením SPECTRA, Centra excelentnosti EÚ pri Slovenskej technickej univerzite v Bratislave. Významnú úlohu pri riešení projektu a získaní podporných údajov pre národnú správu za Slovenskú republiku mali aj ďalšie slovenské pracoviská, a to Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum, Centrum pre priestorové plánovanie a technické štúdie, CETIP – Centrum transdisciplinárnych štúdií inštitúcií, evolúcie a politik, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave a Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre. K riešeniu projektu svojimi názormi prispeli všetci respondenti, ktorí boli zapojení do prieskumu formou riadených rozhovorov. Spolu sa v rámci riešenia projektu na Slovensku realizovalo päťdesiat riadených rozhovorov s predstaviteľmi riadiacej sféry na národnej a regionálnej úrovni, donormi (financovateľmi výskumu), koncovými užívateľmi výsledkov výskumu, vedcami a výskumníkmi. Cenné informácie sumarizujúce výsledky z riadených rozhovorov boli získané počas troch workshopov, ktoré sa uskutočnili v októbri 2015 v Ústave krajinej ekológie SAV Bratislave, na Pedagogickej fakulte Katolíckej univerzity v Ružomberku a v Ústave ekológie lesa SAV vo

Zvolene. Na základe syntézy názorov respondentov, záverov z troch workshopov a podkladov z relevantných strategických národných dokumentov bola vypracovaná národná správa (Finka et al., 2016). Slovenské pracoviská v priebehu riešenia poukázali najmä na vzťah medzi poskytovaním prírodného kapitálu a spoločným dopytom, ktorý je sčasti tvorený praxou manažmentu využitia územia, a na dopady, ktorého nie sú v súčasnosti dostatočne pochopené.

### Postup riešenia projektu INSPIRATION

V prvej etape riešenia projektu INSPIRATION, a to v roku 2015, sa v každej zapojenej krajine identifikovali – okrem hlavných vedeckých a výskumných pracovísk – kľúčoví národní aktéri zabezpečujúci financovanie vedy a koncoví užívatelia výsledkov vedy a výskumu. Dôraz sa pritom kládol na zabezpečenie širokého zastúpenia problematik týkajúcich sa pôdy, vody, využívania územia a ich manažmentu. V roku 2015 sa vo všetkých sedemnástich zapojených krajinách realizovali na základe jednotného súboru otázok riadené rozhovory, ktoré sa stali jedným z východiskových podkladov na prípravu národných správ. V každej krajine sa okrem toho uskutočnil národný workshop (resp. národné workshopy) so zainteresovanými aktérmi s cieľom syntetizovať zhromaždené informácie z riadených rozhovorov a spoločne diskutovať a prehodnotiť navrhované kľúčové národné výskumné témy.

V roku 2016 sa na základe zhrnutia výsledkov riadených rozhovorov, workshopov a s využitím relevantných národných strategických dokumentov a dokumentov EÚ vypracovala komplexná výskumná správa, ktorá obsahovala sedemnášť národných správ a prehľadnú syntézu získaných informácií na prípravu návrhu integrovaných potrieb výskumu a tematických vý-



Obr. 1. Slávnostné otvorenie Svetového dňa pôdy 2017 v Bruseli, na ktorom vystúpil aj jeden z hlavných koordinátorov projektu INSPIRATION Detlef Grimski z Nemeckej agentúry pre životné prostredie (december 2017). Foto: Mária Kozová



Obr. 2. Slovenskí účastníci na pracovnom stretnutí vo Faro (Portugalsko, jún 2016) pri posteri, na ktorom sú zhrnuté výsledky riešenia projektu INSPIRATION na Slovensku (zľava: V. Ondrejčka, M. Finka, M. Kozová, A. Marcincin a S. Černík). Zdroj: archív národného koordinátora projektu INSPIRATION, SPECTRA Centrum excelentnosti EÚ pri STU v Bratislave

skumných potrieb (Brils et al., 2016). Národné potreby, identifikované v jednotlivých krajinách v oblasti výskumu a inovácií, sa analyzovali a prehodnotili pomocou koncepcného modelu INSPIRATION, a to v štyroch hlavných témach: (1) požiadavky spoločnosti; (2) prírodný kapitál (vrátane systému pôda – sedimenty – voda); (3) integrovaný a medzisektorový manažment pôdy a (4) čistý dopad (vplyv) rôznych možností riadenia prírodného ka-

pitálu. Cieľom prehodnotenia bolo identifikovať celoeurópske potreby výskumu na formulovanie strategickú výskumnej agendy pre Európu. Veľmi cenným východiskom pri jej tvorbe boli práve konkrétne požiadavky výskumu a inovácií, ktoré sme identifikovali v rámci riadených rozhovorov s viac ako päťsto európskymi zainteresovanými subjektmi zo sedemnášť krajín. Zapojení respondenti boli v rôznej pozícii vo vzťahu k výskumu: spon-



Tab. 1. Súbor sedemnástich integrovaných potrieb výskumu (IRT)

Symbol	Integrované potreby výskumu
IRT-1	Integrované hodnotenie dopadov na životné prostredie a monitoring pôdy pre Európu
IRT-2	Uznanie hodnoty ekosystémových služieb v rozhodovaní o využití územia
IRT-3	Od indikátorov k implementácii: integrované nástroje na holistické hodnotenie poľnohospodárskeho a lesohospodárskeho využitia územia
IRT-4	Bioekonomika – aktivácia potenciálu pri udržateľnom využívaní pôdy
IRT-5	Integrované scenáre pre systém územie – pôda – voda – potraviny pod tlakom spoločnosti a ďalších výziev
IRT-6	Indikátory na hodnotenie efektívnosti systému pôda – sedimenty – voda – energia
IRT-7	Systémy obhospodarovania poľnohospodárskej pôdy na zabezpečenie úrodnosti pôdy a budúcich výnosov
IRT-8	Cirkulárny manažment územia
IRT-9	Politiky na účinnú redukciu záberu územia a na rozvoj osídlenia
IRT-10	Participácia zainteresovaných subjektov s cieľom napomôcť a podporiť rozvoj životaschopných miest a ďalších sídel
IRT-11	Integrovaný manažment mestských pôd
IRT-12	Environmentálne prijateľný a sociálne citlivý rozvoj miest
IRT-13	Mestský metabolizmus – dosiahnutie efektívneho využitia zdrojov systému pôda – sedimenty – voda uzatváraním materiálových tokov v rámci mesta
IRT-14	Výskyt znečisťujúcich látok v pôde a podzemnej vode – zabezpečenie dlhodobej disponibility pitnej vody, ako aj pôdy a ekosystémových služieb vody
IRT-15	Udržateľný manažment na obnovu ekologických a socioekonomických hodnôt degradovaného územia
IRT-16	Inovatívne technológie a ekoinžinierstvo 4.0: výzvy na udržateľné využívanie poľnohospodárskej, lesnej a sídelnej krajiny a systému pôda – sedimenty – voda
IRT-17	Zlepšenie pripravenosti a reakcií na klimatickú zmenu a s tým súvisiacich rizík

Zdroj: Zhrnutie (2017)

zori/financovatelia výskumu, vedci a výskumníci, vývojári zabezpečujúci prenos poznatkov do praxe, politici, administrátori, konzultanti a pod.

V priebehu roku 2016 sa uskutočnili dve dôležité pracovné stretnutia, ktorých cieľom bolo posúdiť a spoločne potvrdiť oblasti výskumu integrovaného priestorového plánovania, využitia územia a manažmentu pôdy, ktoré treba v najbližších rokoch posilniť v európskych vedeckých projektoch. Prvé pracovné stretnutie, ktoré bolo zároveň aj výročnou schôdzou konzorcia projektu, sa uskutočnilo vo Faro v Portugalsku v júni 2016. Diskutovali sme na ňom o prioritných výskumných témach dôležitých pre štyri vyššie uvedené hlavné témy koncepčného modelu INSPIRATION. Na pracovnom stretnutí vo Faro každá krajina prezentovala aj svoj poster s prehľadom dosiahnutých výsledkov na národnej úrovni (obr. 2).

Druhé pracovné stretnutie sa uskutočnilo v júni 2016 v talianskych Benátkach. Počas interaktívnej diskusie v pracovných skupinách

mali účastníci možnosť podieľať sa na tvorbe záverečných odporúčaní pre výslednú syntetickú správu projektu a vyjadriť sa k návrhom integrovaných potrieb výskumu a tematických výskumných požiadaviek. Na podujatiach boli vždy zastúpení za každú krajinu kľúčoví národní riešitelia projektu INSPIRATION a predstavitelia hlavných záujmových skupín (riadiacej sféry, donorov/financovateľov výskumu, koncových odberateľov a vedcov/výskumníkov).

### Hlavný výsledok riešenia projektu INSPIRATION

V rámci strategickej výskumnej agendy pre Európu, ktorá predstavuje hlavný výstup projektu INSPIRATION, bolo definovaných sedemnaásť integrovaných výskumných potrieb a dvadsať dva tematických výskumných potrieb (tab. 1 a 2). Na týchto súboroch výskumných potrieb je veľmi cenné, že boli identifikované prístupom zdola nahor a zahŕňajú názory širokého spektra kľúčových aktérov. Tematické výskumné potreby sme určili

pre nasledujúce oblasti: prírodný kapitál a poskytovanie ekosystémových služieb (NC), požiadavky na prírodný kapitál a ekosystémové služby (D), manažment využitia územia (LM) a čistý vplyv/dopad na rôznych priestorových a časových úrovniach (NI). Integrované potreby výskumu (IRT) sú na priesečníku týchto tém.

Obidva súbory sedemnástich integrovaných výskumných potrieb (tab. 1) a dvadsiatich dvoch tematických výskumných potrieb (tab. 2) sa v záverečnej etape riešenia projektu podrobne interpretovali, a to najmä z hľadiska očakávaných dopadov. Detailné informácie o strategickej výskumnej agende a jej využití pre všetkých kľúčových aktérov (sponzorov/finančných podporovateľov výskumu, konečných užívateľov, výskumníkov a vývojových pracovníkov zabezpečujúcich prenos výsledkov výskumu do praxe a pre obyvateľov) sú prístupné na stránke projektu INSPIRATION v anglickom jazyku (Nathanail et al., 2017). Na národných stránkach je prístupné zhrnutie aj v národných jazykoch vrátane slovenského (Zhrnutie,

2017). Závěrečné zhrnutie postupu riešenia a všetkých významných výsledkov projektu INSPIRATION je spracované v publikácii Bartkeho et al. (2018).

\* \* \*

Výsledná strategická výskumná agenda, ktorá bola vypracovaná v rámci projektu INSPIRATION, berie do úvahy výzvy pre manažment pôdy a využitia územia vrátane vzťahov v systéme pôda – voda – sedimenty a témy, ako sú zdravie, energia, klimatická zmena, bezpečné zásobovanie vodou. Identifikuje potrebu nových poznatkov a nových aplikácií poznatkov pre plánovanie, manažment a využitie pôdy a pre výskum systému pôda – voda – sedimenty. Je vypracovaná s cieľom pomôcť verejným a súkromným subjektom, ktorí finančne podporujú vedu a výskumu, identifikovať spoločenskú významnosť tých oblastí vedy a výskumu, do ktorých je potrebné investovať, a tým prispieť k inováciám smerujúcim k „zelenšej“, sociálne súdržnejšej, rozumnejšej a konkurencie schopnejšej Európe. Výsledky projektu budú využité pri formovaní politik EÚ v ochrane a manažmente pôdy a územia, ako i pri určovaní priorít výskumu pre ďalšie programové obdobie Horizont 2020. Potreby výskumu identifikované zainteresovanými subjektmi a prezentované v strategickvej výskumnej agende, ktorá je hlavným výstupom projektu INSPIRATION, sú v súlade s cieľmi udržateľného rozvoja, prijatými v dokumente Agenda 2030 a umožnia Európskej komisii, jednotlivým štátom a environmentálnym a regionálnym agentúram a úradom ich postupné využitie v plánovacích a rozhodovacích dokumentoch. Je to práve územie a pôda, ktoré zohrávajú v naplňaní Agendy 2030 významnú úlohu, keďže sú kľúčové na zabezpečenie základných potrieb spoločnosti, ktorými sú potraviny, pitná voda, energie, infraštruktúry. Sú základom aj pri

Tab. 2. Súbor dvadsiatich dvoch tematických výskumných potrieb

Symbol	Tematické výskumné potreby
<b>Prírodný kapitál a poskytovanie ekosystémových služieb (NC)</b>	
NC1	Kvantita, kvalita a zdravie pôdy, uhlík v pôde, skleníkové plyny
NC2	Biodiverzita, zdroje organizmov a genetické zdroje
NC3	Voda, cykly vody
NC4	Degradácia polutantov, filtrácia, imobilizačná kapacita
NC5	Prevenca erózie a zosuvov pôdy
NC6	Geologické zdroje
NC7	Vnútorne hodnoty pôdy a krajiny
<b>Požiadavky na prírodný kapitál a ekosystémové služby (D)</b>	
D1	Potraviny, krmivo, vlákna, biopalivo
D2	Regulovanie ekosystémových služieb
D3	Urbánna krajina a infraštruktúra
D4	Voda
D5	Geologické (a fosilne) podzemné zdroje
D6	Prevenca prírodných rizík a odolnosť
D7	Zdravie a kvalita života (životné prostredie)
<b>Manažment využitia územia (LM)</b>	
LM1	Spravovanie, mechanizmy manažmentu, nástroje a politika
LM2	Výzvy klimatickej zmeny manažmentu územia
LM3	Územie ako zdroj v mestských oblastiach (udržateľný manažment územia mesta)
LM4	Územie ako zdroj vo vidieckych oblastiach (multifunkčnosť vidieckych území)
<b>Čistý vplyv/dopad na rôznych priestorových a časových úrovniach (NI)</b>	
NI1	Vývoj metodológie hodnotenia vplyvov
NI2	Pochopenie a hodnotenie vplyvov hybných síl a manažmentu
NI3	Bilančná analýza a podpora rozhodovania vplyvov

Zdroj: Zhrnutie (2017)

prekonávaní spoločenských výziev klimatickej zmeny, spravodlivého a udržateľného využitia prírodných zdrojov a životného prostredia. Územie a pôda vrátane vody a sedimentov sú obmedzenými zdrojmi a čelia rastúcim tlakom a konfliktom pri ich využívaní a nadmernej spotrebe prírodného kapitálu. Požiadavka udržateľného využívania územia a manažmentu pôdy v kontexte vyváženého využitia prírodného kapitálu a ekosystémových služieb a potrieb spoločnosti je preto mimoriadne významná.

Ako vyplynulo z riešenia projektu INSPIRATION, spolufinancovanie na nadnárodnej úrovni je kľúčom k vytváraniu synergií pre všetky inštitúcie, ktoré chcú investovať do výskumných aktivít. Podpora subjektov financujúcich vedu a výskum, ktorí prejavujú záujem, bude preto k dispozícii aj po skončení projektu, a to do augusta 2019. Národné kontaktné body budú schopné poskytovať podporu

a sprostredkovať kontakty v špecifických oblastiach potreby spolufinancovania. Kompletná agenda, jej východiská a informácie o národných kontaktných bodoch – osobách je k dispozícii na stránke [www.inspiration-agenda.eu](http://www.inspiration-agenda.eu) a [www.inspiration-h2020.eu](http://www.inspiration-h2020.eu).

#### Literatúra

- Bartke, S., Boekhold, A. E., Brils, J., Grimski, D., Ferber, U., Gorgon, J., Guérin, V., Makeschin, F., Maring, L., Nathanael, C. P., Villeneuve, J., Zeyer, J., Schröter-Schlaack, Ch.: Soil and Land Use Research in Europe: Lessons Learned from INSPIRATION Bottom-up Strategic Research Agenda Setting. *Science of the Total Environment*, 2018, 622 – 623, p. 1408 – 1416. (<https://authors.elsevier.com/a/1WDCqB8cccp-k>)
- Brils, J., Maring, L., Minixhofer, P., Zechmeister-Boltenstern, S., Stangl, R., Baumgarten, A., Weigl, M., Tramberend, P., Bal, N., Peeters, B., Klusáček, P., Martinát, S., Frantál, B., Rehunen, A., Haavisto, T., Britschgi, R., Pyy, O., Rintala, J., Shemeikka, P., Dictor, M. C., Coussy, S., Guerin, V., Merly, C., Ferber, U., Grimski, D., Tabasso, M., Chiodi, S., Melis, G., Starzewska-Sikor-

ska, A., Panagopoulos, T., Ferreira, V., Antunes, D., Dumitru, M., Stefanescu, S. L., Vranceanu, A., Voicu, V., Vranceanu, N., Finka, M., Kozova, M., Izakovicova, Z., Jamecny, L., Ondrejicka, V., Cotič, B., Mušič, B., Šuklje Erjavec, I., Nikšič, M., Menger, P., Garcia-Blanco, G., Feliu, E., Ohlsson, Y., van Well, L., Konitzer, K., Brassel, R., Pütz, M., Nathanail, P., Ashmore, M., Bartke, S.: National Reports with a Review and Synthesis of the Collated Information. Final Version as of 01.03.2016 of Deliverable D2.5 of the Horizon 2020 Project INSPIRATION. EC Grant Agreement No: 642372. Dessau-Roßlau, Germany: UBA, 2016, 965 p. ([http://www.inspiration-h2020.eu/sites/default/files/upload/documents/20160301\\_inspiration\\_d2.5\\_0.pdf](http://www.inspiration-h2020.eu/sites/default/files/upload/documents/20160301_inspiration_d2.5_0.pdf))

EK: Tematická stratégia na ochranu pôdy. Brusel: Komisia európskych spoločností, 2006. (<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/?uri=CELEX:52006DC0231>)

Finka, M., Kozova, M., Izakovicova, Z., Jamecny, L., Ondrejicka, V., Brils, J., Maring, L., Bartke, S.: National Reports with a Review and Synthesis of the

Collated Information – Slovakia. Final Version as of 01.03.2016 of Deliverable 2.5 – Section on Slovakia – of the Horizon 2020 Project INSPIRATION. EC Grant Agreement No: 642372. Dessau-Roßlau, Germany: UBA, 2016, 94 p. ([http://www.inspiration-h2020.eu/sites/default/files/upload/documents/20160301\\_inspiration\\_d2.5\\_slovakia.pdf](http://www.inspiration-h2020.eu/sites/default/files/upload/documents/20160301_inspiration_d2.5_slovakia.pdf))

Nathanail, C. P., Boekhold, A. E., Grimski, D., Bartke, S.: The Europeans' Strategic Research Agenda for Integrated Spatial Planning, Land Use and Soil Management – June 2017 Green Paper, Horizon 2020 Project INSPIRATION. EC Grant Agreement No: 642372. Dessau-Roßlau, Germany: UBA, 2017, 70 p. ([http://www.inspiration-h2020.eu/sites/default/files/upload/documents/inspiration-d4\\_3-sra\\_green\\_paper.pdf](http://www.inspiration-h2020.eu/sites/default/files/upload/documents/inspiration-d4_3-sra_green_paper.pdf))

Zhrnutie. Európska strategická výskumná agenda pre integrované priestorové plánovanie, využitie územia a manažment pôdy. Horizon 2020 CSA INSPIRATION. Deliverable D4.3. Document: The INSPIRATION-SRA. Green Paper Edition, 2017, 12 s. (<http://www.inspiration-h2020.eu/sites/>

[default/files/upload/documents/draft-inspiration-d4\\_3\\_170623\\_0.6\\_exec\\_summarysk.pdf](http://www.inspiration-h2020.eu/sites/default/files/upload/documents/draft-inspiration-d4_3_170623_0.6_exec_summarysk.pdf))

**prof. Ing. arch. Maroš Finka, PhD.,**  
[maros.finka@stuba.sk](mailto:maros.finka@stuba.sk)

**Ing. Vladimír Ondrejčka, PhD.,**  
[vladimir.ondrejicka@stuba.sk](mailto:vladimir.ondrejicka@stuba.sk)

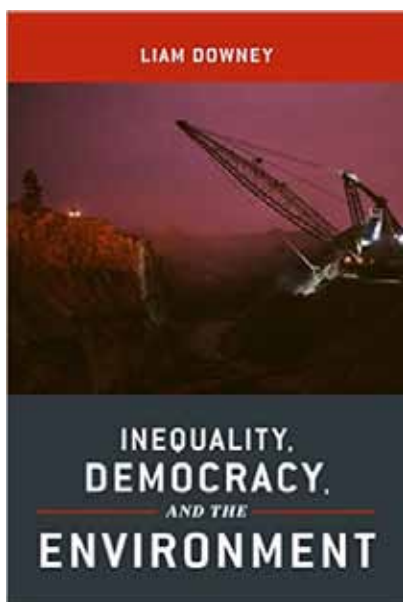
**Ústav manažmentu a SPECTRA,  
Centrum excelentnosti EÚ pri  
Slovenskej technickej univerzite  
v Bratislave, Vazovova 5, 812 43  
Bratislava**

**prof. RNDr. Mária Kozová, CSc.,**  
[maria.kozova@ku.sk](mailto:maria.kozova@ku.sk)

**Katedra geografie Pedagogickej  
fakulty Katolíckej univerzity v Ru-  
žomberku, Hrabovská cesta 1,  
034 01 Ružomberok**

## RECENZIE

## Hľadanie spoločných štrukturálnych príčin environmentálnych a sociálnych problémov sveta



Downey, L.: *Inequality, Democracy, and the Environment*. New York: NYU Press, 2015, 336 p., ISBN 978-1-4798-4379-4

Environmentálny sociológ Liam Downey vydal knihu, ktorá má potenciál zmeniť náš pohľad na environmentálne a sociálne problémy sveta. Publikácia, ktorá bola ocenená Sekciou pre životné prostredie, technológie a spoločnosť Americkej sociologickej asociácie, sa síce miestami pohybuje na hrane konšpiračných teórií, prináša však viaceré myšlienky hodné pozornosti.

Liam Downey sa vo svojej knihe *Inequality, Democracy, and the Environment* (Nerovnosť, demokracia a životné prostredie) snaží identifikovať príčiny a súvislosti medzi svetovo rozšírenými environmentálnymi problémami, akými sú napríklad odlesňovanie, klimatická zmena, strata úrodnosti pôd, znečisťovanie životného prostredia alebo strata biodiverzity, ale aj sociálnymi problémami zvyšujúcej sa príjmo-

vej nerovnosti, nízkej potravinovej bezpečnosti či násilím a konfliktami v oblastiach bohatých na nerastné suroviny. V prvej časti autor analyzuje niektoré populárne vysvetlenia príčin týchto problémov a bežne navrhované riešenia. Či už kladie dôraz na zodpovednosť a moc konzumentov, alebo na argumenty environmentálnej ekonómie o úlohe trhu pri riešení environmentálnych problémov, autor demonštruje, že často tieto vysvetlenia buď nie sú podložené empirickými dôkazmi, alebo sú neúplné a ignorujú zásadné štrukturálne príčiny globálnych problémov. Autor taktiež kritizuje prax mainstreamových environmentalistov zameriavať sa na jednotlivé, úzko vymedzené problémy a oddeľovať environmentálne problémy od tých sociálnych, výsledkom čoho je opäť nekompletná analýza príčin a predkladanie nedostatočných a krátkodobých riešení problémov.

Jedna z hlavných štrukturálnych príčin environmentálnych a sociálnych problémov, ktorú väčšina environmentalistov podľa autora

ska, A., Panagopoulos, T., Ferreira, V., Antunes, D., Dumitru, M., Stefanescu, S. L., Vranceanu, A., Voicu, V., Vranceanu, N., Finka, M., Kozova, M., Izakovicova, Z., Jamecny, L., Ondrejicka, V., Cotič, B., Mušič, B., Šuklje Erjavec, I., Nikšič, M., Menger, P., Garcia-Blanco, G., Feliu, E., Ohlsson, Y., van Well, L., Konitzer, K., Brassel, R., Pütz, M., Nathanail, P., Ashmore, M., Bartke, S.: National Reports with a Review and Synthesis of the Collated Information. Final Version as of 01.03.2016 of Deliverable D2.5 of the Horizon 2020 Project INSPIRATION. EC Grant Agreement No: 642372. Dessau-Roßlau, Germany: UBA, 2016, 965 p. ([http://www.inspiration-h2020.eu/sites/default/files/upload/documents/20160301\\_inspiration\\_d2.5\\_0.pdf](http://www.inspiration-h2020.eu/sites/default/files/upload/documents/20160301_inspiration_d2.5_0.pdf))

EK: Tematická stratégia na ochranu pôdy. Brusel: Komisia európskych spoločností, 2006. (<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/?uri=CELEX:52006DC0231>)

Finka, M., Kozova, M., Izakovicova, Z., Jamecny, L., Ondrejicka, V., Brils, J., Maring, L., Bartke, S.: National Reports with a Review and Synthesis of the

Collated Information – Slovakia. Final Version as of 01.03.2016 of Deliverable 2.5 – Section on Slovakia – of the Horizon 2020 Project INSPIRATION. EC Grant Agreement No: 642372. Dessau-Roßlau, Germany: UBA, 2016, 94 p. ([http://www.inspiration-h2020.eu/sites/default/files/upload/documents/20160301\\_inspiration\\_d2.5\\_slovakia.pdf](http://www.inspiration-h2020.eu/sites/default/files/upload/documents/20160301_inspiration_d2.5_slovakia.pdf))

Nathanail, C. P., Boekhold, A. E., Grimski, D., Bartke, S.: The Europeans' Strategic Research Agenda for Integrated Spatial Planning, Land Use and Soil Management – June 2017 Green Paper, Horizon 2020 Project INSPIRATION. EC Grant Agreement No: 642372. Dessau-Roßlau, Germany: UBA, 2017, 70 p. ([http://www.inspiration-h2020.eu/sites/default/files/upload/documents/inspiration-d4\\_3-sra\\_green\\_paper.pdf](http://www.inspiration-h2020.eu/sites/default/files/upload/documents/inspiration-d4_3-sra_green_paper.pdf))

Zhrnutie. Európska strategická výskumná agenda pre integrované priestorové plánovanie, využitie územia a manažment pôdy. Horizon 2020 CSA INSPIRATION. Deliverable D4.3. Document: The INSPIRATION-SRA. Green Paper Edition, 2017, 12 s. (<http://www.inspiration-h2020.eu/sites/>

[default/files/upload/documents/draft-inspiration-d4\\_3\\_170623\\_0.6\\_exec\\_summarysk.pdf](http://www.inspiration-h2020.eu/sites/default/files/upload/documents/draft-inspiration-d4_3_170623_0.6_exec_summarysk.pdf))

**prof. Ing. arch. Maroš Finka, PhD.,**  
[maros.finka@stuba.sk](mailto:maros.finka@stuba.sk)

**Ing. Vladimír Ondrejčka, PhD.,**  
[vladimir.ondrejicka@stuba.sk](mailto:vladimir.ondrejicka@stuba.sk)

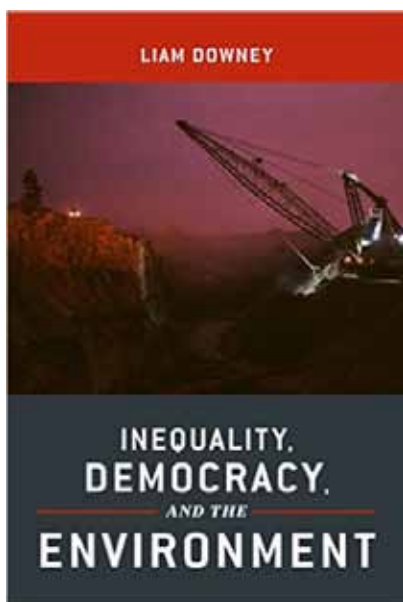
**Ústav manažmentu a SPECTRA,  
Centrum excelentnosti EÚ pri  
Slovenskej technickej univerzite  
v Bratislave, Vazovova 5, 812 43  
Bratislava**

**prof. RNDr. Mária Kozová, CSc.,**  
[maria.kozova@ku.sk](mailto:maria.kozova@ku.sk)

**Katedra geografie Pedagogickej  
fakulty Katolíckej univerzity v Ru-  
žomberku, Hrabovská cesta 1,  
034 01 Ružomberok**

## RECENZIE

## Hľadanie spoločných štrukturálnych príčin environmentálnych a sociálnych problémov sveta



Downey, L.: *Inequality, Democracy, and the Environment*. New York: NYU Press, 2015, 336 p., ISBN 978-1-4798-4379-4

Environmentálny sociológ Liam Downey vydal knihu, ktorá má potenciál zmeniť náš pohľad na environmentálne a sociálne problémy sveta. Publikácia, ktorá bola ocenená Sekciou pre životné prostredie, technológie a spoločnosť Americkej sociologickej asociácie, sa síce miestami pohybuje na hrane konšpiračných teórií, prináša však viaceré myšlienky hodné pozornosti.

Liam Downey sa vo svojej knihe *Inequality, Democracy, and the Environment* (Nerovnosť, demokracia a životné prostredie) snaží identifikovať príčiny a súvislosti medzi svetovo rozšírenými environmentálnymi problémami, akými sú napríklad odlesňovanie, klimatická zmena, strata úrodnosti pôd, znečisťovanie životného prostredia alebo strata biodiverzity, ale aj sociálnymi problémami zvyšujúcej sa príjmo-

vej nerovnosti, nízkej potravinovej bezpečnosti či násilím a konfliktami v oblastiach bohatých na nerastné suroviny. V prvej časti autor analyzuje niektoré populárne vysvetlenia príčin týchto problémov a bežne navrhované riešenia. Či už kladie dôraz na zodpovednosť a moc konzumentov, alebo na argumenty environmentálnej ekonomie o úlohe trhu pri riešení environmentálnych problémov, autor demonštruje, že často tieto vysvetlenia buď nie sú podložené empirickými dôkazmi, alebo sú neúplné a ignorujú zásadné štrukturálne príčiny globálnych problémov. Autor taktiež kritizuje prax mainstreamových environmentalistov zameriavať sa na jednotlivé, úzko vymedzené problémy a oddeľovať environmentálne problémy od tých sociálnych, výsledkom čoho je opäť nekompletná analýza príčin a predkladanie nedostatočných a krátkodobých riešení problémov.

Jedna z hlavných štrukturálnych príčin environmentálnych a sociálnych problémov, ktorú väčšina environmentalistov podľa autora



prehliada, je nerovnosť zakotvená v organizáciách, inštitúciách a sieťach (OINB *Inequality – Organizational, Institutional, and Network-Based Inequality*). Politické, ekonomické, vojenské a ideologické elity bohatých západných krajín majú vďaka existujúcej nerovnosti, čiže nerovnej distribúcii ekonomickej, politickej, vojenskej a ideologickej moci, možnosť ovládať a riadiť svetové organizácie, inštitúcie a siete. Tie sa tak stávajú stále menej demokratickými a umožňujú týmto elitám preniesť environmentálne a iné náklady svojej činnosti na iných. Znamená to, že elity majú v spoločnosti lepšie postavenie dosiahnuť svoje ciele, či už ide o akumuláciu kapitálu, udržiavanie kapitalistických štruktúr alebo ovplyvňovanie verejnej mienky a politik, a to aj v prípade, keď si dosahovanie týchto cieľov vyžaduje realizáciu aktivít s negatívnymi environmentálnymi alebo sociálnymi dopadmi na iné skupiny.

Jadrom knihy je teoretický model nazvaný nerovnosť, demokracia a životné prostredie (*inequality, democracy, and the environment model – IDE*), ktorý obohacuje dnes rozšírené makroštruktúrne teórie environmentálnej sociológie. Týmto modelom sa autor snaží nájsť spojenie medzi degradáciou životného prostredia a nerovnosťou zakotvenou v organizáciách, inštitúciách a sieťach. Podľa tejto teórie je svetová nerovnosť zásadnou príčinou degradácie životného prostredia, a to tým, že umožňuje relatívne malému počtu ľudí a organizácií monopolizovať rozhodovaciu právomoc, preniesť environmentálne a iné náklady svojej činnosti na iných, brániť rozvoju a šíreniu environmentálnych znalostí a hodnôt, obmedzovať možnosti ostatných chovať sa environmentálne udržateľným spôsobom, ovplyvňovať naše vnímanie toho, čo je považované za environmentálne správanie a politiku, a čínie, a taktiež odvracať pozornosť verejnosti od svojej činnosti. Platnosť jednotlivých hypotéz tohto teoretického konceptu autor v knihe

ilustruje na štyroch prípadových štúdiách. Hľadá súvislosti medzi degradáciou životného prostredia a (i) činnosťou Svetovej banky a Medzinárodného menového fondu, (ii) moderným poľnohospodárstvom, (iii) ozbrojeným násilím v oblastiach ťažby nerastných surovín, (iv) politikou USA v oblasti energetiky a ozbrojených síl.

Časť knihy venovaná Svetovej banke a Medzinárodnému menovému fondu vykresľuje pomerne prepojený príbeh, na ktorom autor dokazuje správnosť jednotlivých hypotéz predstavovaného teoretického modelu IDE. Autor ich predstavuje ako nedemokratické inštitúcie ovládané politickými a ekonomickými elitami bohatých štátov, pričom najväčší vplyv na činnosť a smerovanie týchto organizácií majú podľa autora elity USA. Umožnené im to je jednak viditeľnými mechanizmami prerozdelenia hlasov medzi jednotlivé členské krajiny, vďaka ktorým majú USA a ďalšie bohaté krajiny neproporcionálnu moc v rozhodovacích procesoch, ale aj pre svetovú verejnosť skrytejšími nástrojmi, ktoré USA využívajú na presadzovanie nimi preferovaných politik v týchto organizáciách. Autor ako príklad uvádza vyvíjanie nátlaku na prijatie Spojenými štátmi preferovaných rozhodnutí pod hrozbou zníženia príspevkov do Medzinárodnej asociácie pre rozvoj, jednej z inštitúcií Svetovej banky, ktorej činnosť závisí od finančných príspevkov bohatších krajín, či predjednávanie strategických rozhodnutí Medzinárodného menového fondu mimo oficiálnej rozhodovacej štruktúry fondu na stretnutiach ministrov financií krajín G7.

Na príklade USA autor taktiež vykresľuje, ako sú politici ovplyvňovaní ekonomickými elitami tak, aby prostredníctvom Svetovej banky a Medzinárodného menového fondu presadzovali také politiky voči rozvojovým krajinám, v dôsledku ktorých budú môcť americké spoločnosti ľahšie presadzovať svoje ciele v týchto regiónoch. Vďaka Progra-

mu štruktúrneho prispôbenia, balíčku neoliberálnych reforiem, ktorým Medzinárodný menový fond a Svetová banka podmieňovali poskytnutie pôžičiek hlboko zadlženým krajinám, získali americké korporácie lepší prístup na trhy rozvojových krajín a k ich nerastnému bohatstvu. Svetová banka taktiež podporuje investičné projekty v rozvojových krajinách, ako napríklad stavby ciest, vodných nádrží, prístavov či baní, ktoré v konečnom dôsledku často uľahčujú prístup k náleziskám nerastných surovín a transport surovín či sprístupňujú daždové pralesy na intenzívnejšiu ťažbu dreva. Výhody z takýchto projektov potom čerpajú predovšetkým zahraničné ťažobné spoločnosti, početné negatívne dopady, či už environmentálne alebo sociálne, však znáša miestne obyvateľstvo. Svetová verejnosť sa ale o týchto negatívnych dopadoch dozvedá iba sporadicky, a to vďaka tomu, že tieto organizácie aktívne kontrolujú a ovplyvňujú to, aké správy sú o ich činnosti podávané, napríklad prostredníctvom nepriameho ovplyvňovania konzultantov najatých Svetovou bankou na zhodnotenie dopadov jej projektov. Svetová banka je navyše vnímaná ako dôležitý a dôveryhodný zdroj informácií o rozvojovej problematike, čo ju stavia do lepšej pozície, než v akej sa nachádzajú aktivistické organizácie poukazujúce na problémy spojené s jej aktivitami.

Autor na početných príkladoch v knihe dokazuje platnosť svojho teoretického modelu v praxi. Ukazuje nám, že jednotlivé environmentálne a sociálne problémy od znižovania rozlohy daždových pralesov, znečisťovania životného prostredia, znižovania biodiverzity a globálnej zmeny klímy po vysídľovanie ľudí z dôvodu ťažby nerastných surovín alebo stavby vodných nádrží a stratu zdrojov obživy obyvateľov rurálnych oblastí môžu mať svoje štruktúrne príčiny niekde inde, než je na prvý pohľad zrejmé. Pokiaľ chceme dosiahnuť štruktúrne zmeny a naozaj odstrániť určitý problém,

mali by sme hľadať jeho štrukturálne príčiny. Aktivity, ktoré nebudú priamo zacielené na štrukturálne príčiny, síce môžu v krátkom časovom horizonte dosiahnuť pozitívne zmeny, problémy však neodstránia natrvalo, pretože ich skutočná príčina ostane neriešená. Z autorovho modelu vyplýva, že ak chceme vyriešiť environmentálne a sociálne problémy, mali by sme sa v prvom rade snažiť prekonať nerovnosť zakotvenú v nedemokratických organizáciách, inštitúciách a sieťach, ktorá predstavuje práve tú štrukturálnu príčinu najrôznejších problémov, ktorých sme dnes svedkami.

Ako už bolo naznačené na začiatku, na prvý pohľad autorova teória vyznieva mierne konšpiračne, početné prípadové štúdie doložené prácami mnohých ďalších autorov však dodávajú predkladaným argumentom na váhe. Knihe sa dá vytknúť malá pozornosť venovaná záujmom domácich politických elít v rozvojových krajinách a úlohe, ktorú tieto domáce elity hrajú v popisovaných aktivitách s negatívnymi environmentálnymi a sociálnymi dopadmi. Autor síce uznáva, že aj domáci politici majú často osobný úžitok napríklad z politik presadzo-

vaných Svetovou bankou a Medzinárodným menovým fondom, celý proces je však riadený elitami bohatých štátov a domáce elity nad ním nemajú žiadnu moc. Elity rozvojových krajín tak stavia do značne pasívneho postavenia, akoby iba plnili to, čo je od nich západnými elitami požadované, či už ide o predstaviteľov Medzinárodného menového fondu vyžadujúcich schválenie ekonomických reforiem, alebo zástupcov ťažobných firiem korumpujúcich miestnych politikov s cieľom získať povolenia k ťažbe. Úloha vlastnej agendy domácich elít, boja rôznych domácich skupín o moc či sledovania vlastného ekonomického prospechu miestnych politikov je autorom až príliš bagatelizovaná.

\* \* \*

Z knihy *Inequality, Democracy, and the Environment* si čitateľ môže odniesť niekoľko užitočných poznatkov. Autor Liam Downey jednak ukazuje, že environmentálne a sociálne problémy majú spoločné štrukturálne príčiny a musia byť teda riešené zároveň, a tiež tvrdí, že lokálne problémy môžu mať túto štrukturálnu príčinu omnoho ďalej

od miesta svojho výskytu. Na jednej strane to môže u mnohých vyvolať pocit bezmocnosti: aký majú teda zmysel snahy zmierňovať dopady rôznych environmentálnych a sociálnych problémov, napríklad výsadbou lesov, humanitárnou pomocou či nákupom férového mobilu, pri výrobe ktorého neboli použité nerastné suroviny pochádzajúce z konfliktných regiónov? Ak platia autorove argumenty, bez vyriešenia globálnej nerovnosti zakotvenej v organizáciách, inštitúciách a sieťach budú naše snahy z dlhodobého hľadiska vyzeráť skôr ako permanentný boj s veternými mlyni. To, samozrejme, neznamená, že neprispesú aspoň svojou troškou k zlepšovaniu života jednotlivcov. Mali by sme však spoločne začať hľadať nástroje, ako znižovať tieto globálne nerovnosti a dosiahnuť tak dlhodobé a udržateľné zmeny.

**Mgr. Eva Šerá Komlossyová,**  
*eva.serakomlossyova@upol.cz*

**Katedra rozvojových a environmentálnych štúdií Prírodovedecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Třída 17. listopadu 12, 771 46 Olomouc, Česká republika**

## Aktuálne možnosti analýzy, modelovania, hodnotenia a priestorovej kvantifikácie potenciálu agroekosystémových služieb

**Makovníková, J., Pálka, B., Širáň, M., Kanianska, R., Kizeková, M., Jařduřová, J.: Modelovanie a hodnotenie agroekosystémových služieb. Banská Bystrica: Belianum, 2017, 150 s. ISBN 978-80-557-1242-0**

Publikácia *Modelovanie a hodnotenie agroekosystémových služieb* je

dielom kolektívu autorov pracujúcich v inštitúciách, ktoré sa venujú výskumu pôdy (Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy), trávnych porastov a horského poľnohospodárstva (Výskumný ústav trávnych porastov a horského poľnohospodárstva) či životného prostredia (Univerzita Mateja Bela



mali by sme hľadať jeho štrukturálne príčiny. Aktivity, ktoré nebudú priamo zacielené na štrukturálne príčiny, síce môžu v krátkom časovom horizonte dosiahnuť pozitívne zmeny, problémy však neodstránia natrvalo, pretože ich skutočná príčina ostane neriešená. Z autorovho modelu vyplýva, že ak chceme vyriešiť environmentálne a sociálne problémy, mali by sme sa v prvom rade snažiť prekonať nerovnosť zakotvenú v nedemokratických organizáciách, inštitúciách a sieťach, ktorá predstavuje práve tú štrukturálnu príčinu najrôznejších problémov, ktorých sme dnes svedkami.

Ako už bolo naznačené na začiatku, na prvý pohľad autorova teória vyznieva mierne konšpiračne, početné prípadové štúdie doložené prácami mnohých ďalších autorov však dodávajú predkladaným argumentom na váhe. Knihe sa dá vytknúť malá pozornosť venovaná záujmom domácich politických elít v rozvojových krajinách a úlohe, ktorú tieto domáce elity hrajú v popisovaných aktivitách s negatívnymi environmentálnymi a sociálnymi dopadmi. Autor síce uznáva, že aj domáci politici majú často osobný úžitok napríklad z politik presadzo-

vaných Svetovou bankou a Medzinárodným menovým fondom, celý proces je však riadený elitami bohatých štátov a domáce elity nad ním nemajú žiadnu moc. Elity rozvojových krajín tak stavia do značne pasívneho postavenia, akoby iba plnili to, čo je od nich západnými elitami požadované, či už ide o predstaviteľov Medzinárodného menového fondu vyžadujúcich schválenie ekonomických reforiem, alebo zástupcov ťažobných firiem korumpujúcich miestnych politikov s cieľom získať povolenia k ťažbe. Úloha vlastnej agendy domácich elít, boja rôznych domácich skupín o moc či sledovania vlastného ekonomického prospechu miestnych politikov je autorom až príliš bagatelizovaná.

\* \* \*

Z knihy *Inequality, Democracy, and the Environment* si čitateľ môže odniesť niekoľko užitočných poznatkov. Autor Liam Downey jednak ukazuje, že environmentálne a sociálne problémy majú spoločné štrukturálne príčiny a musia byť teda riešené zároveň, a tiež tvrdí, že lokálne problémy môžu mať túto štrukturálnu príčinu omnoho ďalej

od miesta svojho výskytu. Na jednej strane to môže u mnohých vyvolať pocit bezmocnosti: aký majú teda zmysel snahy zmierňovať dopady rôznych environmentálnych a sociálnych problémov, napríklad výsadbou lesov, humanitárnou pomocou či nákupom férového mobilu, pri výrobe ktorého neboli použité nerastné suroviny pochádzajúce z konfliktných regiónov? Ak platia autorove argumenty, bez vyriešenia globálnej nerovnosti zakotvenej v organizáciách, inštitúciách a sieťach budú naše snahy z dlhodobého hľadiska vyzeráť skôr ako permanentný boj s veternými mlynmi. To, samozrejme, neznamená, že neprispesujú aspoň svojou troškou k zlepšovaniu života jednotlivcov. Mali by sme však spoločne začať hľadať nástroje, ako znižovať tieto globálne nerovnosti a dosiahnuť tak dlhodobé a udržateľné zmeny.

**Mgr. Eva Šerá Komlossyová,**  
*eva.serakomlossyova@upol.cz*

**Katedra rozvojových a environmentálnych štúdií Prírodovedecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Třída 17. listopadu 12, 771 46 Olomouc, Česká republika**

## Aktuálne možnosti analýzy, modelovania, hodnotenia a priestorovej kvantifikácie potenciálu agroekosystémových služieb

**Makovníková, J., Pálka, B., Širáň, M., Kanianska, R., Kizeková, M., Jaďuďová, J.: Modelovanie a hodnotenie agroekosystémových služieb. Banská Bystrica: Belianum, 2017, 150 s. ISBN 978-80-557-1242-0**

Publikácia *Modelovanie a hodnotenie agroekosystémových služieb* je

dielom kolektívu autorov pracujúcich v inštitúciách, ktoré sa venujú výskumu pôdy (Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy), trávnych porastov a horského poľnohospodárstva (Výskumný ústav trávnych porastov a horského poľnohospodárstva) či životného prostredia (Univerzita Mateja Bela



v Banskej Bystrici). Vďaka tejto spolupráci je problematika modelovania a hodnotenia agroekosystémových služieb spracovaná komplexne a odborne.

Cieľom monografie je priblížiť odbornej a vedeckej verejnosti aktuálne možnosti analýzy, modelovania, hodnotenia a priestorovej kvantifikácie potenciálu ekosystémových služieb poľnohospodársky využívaných pôd na Slovensku s využitím multikriteriálnej agregácie environmentálnych a socioekonomických premenných.

Monografia sa delí na tri časti, každá z nich na kapitoly a podkapitoly, ktoré rozoberajú tému do hĺbky.

Prvá časť, *Súčasný stav problematiky*, je teoretickým úvodom do problematiky agroekosystémových služieb a ich oceňovania. Je rozdelená do dvoch kapitol, spracovaných prevažne v podobe písaného textu. Možno tu nájsť definície pojmov, popis funkcie jednotlivých agroekosystémových služieb, metódy oceňovania agroekosystémových služieb, ako aj objasnenie významu biodiverzity a pôdy v plnení agroekosystémových služieb. V poslednej

podkapitole, 2.8.1 *Stav poľnohospodársky využívaných pôd v Slovenskej republike*, je v tabuľkách zaznamenaná štruktúra poľnohospodárskej pôdy, výmera poľnohospodárskych pôd a zmeny v ich výmere. Stav orných pôd a trávnatých porastov evidovaných v systéme LPIS (Registri poľnohospodársky produkčných plôch) v rokoch 2004 a 2015 je tu zobrazený v podobe máp.

Druhá časť, *Potenciál agroekosystémových služieb*, sa delí do troch kapitol spracovaných v podobe tabuliek, máp a krátkeho sprievodného textu. Prvá kapitola sa zameriava na zdroje údajov a použitú metódu modelovania. V druhej kapitole je zhodnotený potenciál jednotlivých agroekosystémových služieb na úrovni štátu. V tejto kapitole sú opísané aj problémy znižujúce potenciál agroekosystémových služieb a návrhy ich riešení. Tretia kapitola sa venuje hodnoteniu potenciálu na úrovni územných jednotiek (okresov). Hodnotenie každej agroekosystémovej služby je tu zhrnuté aj v podobe výsledkov na úrovni krajov ako priemerných hodnôt potenciálu agroekosystémových služieb.

V poslednej časti s názvom *Záver* sú stručne zhrnuté výsledky výskumu prezentované v monografii. Táto časť je preložená aj do anglického jazyka.

\* \* \*

Monografia zaujme prehľadnosťou a komplexným spracovaním danej témy. Významnou pomôckou pri orientácii v texte je zvýraznenie najdôležitejších informácií tučným písmom. Napriek odbornému spracovaniu je publikácia zrozumiteľná aj pre tých, ktorí sa s pojmom agroekosystémové služby stretli prvýkrát. Publikácia *Modelovanie a hodnotenie agroekosystémových služieb* predstavuje cenný zdroj informácií pre vedeckých pracovníkov pri zostavovaní odborných publikácií a rozširovaní vedomostí v odbore, ale aj pre študentov pri spracovávaní záverečných prác.

**Mgr. Ivana Kozelová, PhD.,**  
ivana.kozelova@savba.sk

Ústav krajinnnej ekológie Slovenskej akadémie vied, Štefánikova 3,  
P. O. Box 254, 814 99 Bratislava

Gajdoš, P., Černecká, E., Franc, V., Šestáková, A.: *Pavúky Slovenska. Slovenské názvoslovie, prehľad čeladi a súčasné poznatky*. Bratislava: Veda, vydavateľstvo SAV, 2018, 172 s. ISBN 978-80-224-1618-4

V knihe je populárno-vedeckou formou zachytený život a význam pavúkov vyskytujúcich sa na Slovensku. Zoznam druhov, komplexné slovenské názvoslovie pavúkov, ale aj ich fylogénza a ekologické nároky doplnia množstvo farebných fotografií.

Piscová, V., Hrnčiarová, T., Hreško, J., Dobrovodská, M., Izakovičová, Z., Izsoff, M., Kalivoda, H., Kanka, R., Kenderessy, P., Považan, R., Roháč, J., Slabejová, M., Slivinský, J., Špulero-

## Dve krajinnnoekologické monografie z Vedy, vydavateľstva SAV, v roku 2018

vá, J., Švajda, J., Topercer, J., Vlacho-  
vičová, M., Borovský, I., Hurta, V.: *Využívanie vysokohorskej krajiny a jeho dôsledky na zmenu prostredia (na príklade Tatier a Nízkych Tatier)*. Bratislava: Veda, vydavateľstvo SAV, 2018, 250 s. ISBN 978-80-224-1585-9

Kolektív autorov v knihe prezentuje niekoľkoročný výskum z Tatier a Nízkych Tatier. Zameril sa na negatívne vplyvy návštevnosti na turistické chodníky, mapovanie morfo-  
genetických procesov vo vysokohorskej

krajine, reakciu vegetácie na zošľapovanie, vplyvy prostredia na vtáky a motýle a stanovenie ekosystémových služieb.

Na obidvoch monografiách mali zásadný podiel pracovníci Ústavu krajinnnej ekológie SAV. Bohato ilustrované knihy s odborným textom spríjemnia čítanie v obidvoch knihách. Aj takouto formou sa môžu dostať poznatky vedeckého výskumu k širšej odbornej i laickej verejnosti.

Redakcia



v Banskej Bystrici). Vďaka tejto spolupráci je problematika modelovania a hodnotenia agroekosystémových služieb spracovaná komplexne a odborne.

Cieľom monografie je priblížiť odbornej a vedeckej verejnosti aktuálne možnosti analýzy, modelovania, hodnotenia a priestorovej kvantifikácie potenciálu ekosystémových služieb poľnohospodársky využívaných pôd na Slovensku s využitím multikriteriálnej agregácie environmentálnych a socioekonomických premenných.

Monografia sa delí na tri časti, každá z nich na kapitoly a podkapitoly, ktoré rozoberajú tému do hĺbky.

Prvá časť, *Súčasný stav problematiky*, je teoretickým úvodom do problematiky agroekosystémových služieb a ich oceňovania. Je rozdelená do dvoch kapitol, spracovaných prevažne v podobe písaného textu. Možno tu nájsť definície pojmov, popis funkcie jednotlivých agroekosystémových služieb, metódy oceňovania agroekosystémových služieb, ako aj objasnenie významu biodiverzity a pôdy v plnení agroekosystémových služieb. V poslednej

podkapitole, 2.8.1 *Stav poľnohospodársky využívaných pôd v Slovenskej republike*, je v tabuľkách zaznamenaná štruktúra poľnohospodárskej pôdy, výmera poľnohospodárskych pôd a zmeny v ich výmere. Stav orných pôd a trávnatých porastov evidovaných v systéme LPIS (Registri poľnohospodársky produkčných plôch) v rokoch 2004 a 2015 je tu zobrazený v podobe máp.

Druhá časť, *Potenciál agroekosystémových služieb*, sa delí do troch kapitol spracovaných v podobe tabuliek, máp a krátkeho sprievodného textu. Prvá kapitola sa zameriava na zdroje údajov a použitú metódu modelovania. V druhej kapitole je zhodnotený potenciál jednotlivých agroekosystémových služieb na úrovni štátu. V tejto kapitole sú opísané aj problémy znižujúce potenciál agroekosystémových služieb a návrhy ich riešení. Tretia kapitola sa venuje hodnoteniu potenciálu na úrovni územných jednotiek (okresov). Hodnotenie každej agroekosystémovej služby je tu zhrnuté aj v podobe výsledkov na úrovni krajov ako priemerných hodnôt potenciálu agroekosystémových služieb.

V poslednej časti s názvom *Záver* sú stručne zhrnuté výsledky výskumu prezentované v monografii. Táto časť je preložená aj do anglického jazyka.

\* \* \*

Monografia zaujme prehľadnosťou a komplexným spracovaním danej témy. Významnou pomôckou pri orientácii v texte je zvýraznenie najdôležitejších informácií tučným písmom. Napriek odbornému spracovaniu je publikácia zrozumiteľná aj pre tých, ktorí sa s pojmom agroekosystémové služby stretli prvýkrát. Publikácia *Modelovanie a hodnotenie agroekosystémových služieb* predstavuje cenný zdroj informácií pre vedeckých pracovníkov pri zostavovaní odborných publikácií a rozširovaní vedomostí v odbore, ale aj pre študentov pri spracovávaní záverečných prác.

**Mgr. Ivana Kozelová, PhD.,**  
ivana.kozelova@savba.sk

Ústav krajinnnej ekológie Slovenskej akadémie vied, Štefánikova 3,  
P. O. Box 254, 814 99 Bratislava

Gajdoš, P., Černecká, E., Franc, V., Šestáková, A.: *Pavúky Slovenska. Slovenské názvoslovie, prehľad čeladi a súčasné poznatky*. Bratislava: Veda, vydavateľstvo SAV, 2018, 172 s. ISBN 978-80-224-1618-4

V knihe je populárno-vedeckou formou zachytený život a význam pavúkov vyskytujúcich sa na Slovensku. Zoznam druhov, komplexné slovenské názvoslovie pavúkov, ale aj ich fylogénza a ekologické nároky doplnia množstvo farebných fotografií.

Piscová, V., Hrnčiarová, T., Hreško, J., Dobrovodská, M., Izakovičová, Z., Izsoff, M., Kalivoda, H., Kanka, R., Kenderessy, P., Považan, R., Roháč, J., Slabejová, M., Slivinský, J., Špulero-

## Dve krajinnnoekologické monografie z Vedy, vydavateľstva SAV, v roku 2018

vá, J., Švajda, J., Topercer, J., Vlacho-  
vičová, M., Borovský, I., Hurta, V.: *Využívanie vysokohorskej krajiny a jeho dôsledky na zmenu prostredia (na príklade Tatier a Nízkyh Tatier)*. Bratislava: Veda, vydavateľstvo SAV, 2018, 250 s. ISBN 978-80-224-1585-9

Kolektív autorov v knihe prezentuje niekoľkoročný výskum z Tatier a Nízkyh Tatier. Zameril sa na negatívne vplyvy návštevnosti na turistické chodníky, mapovanie morfo-  
genetických procesov vo vysokohorskej

krajine, reakciu vegetácie na zošľapovanie, vplyvy prostredia na vtáky a motýle a stanovenie ekosystémových služieb.

Na obidvoch monografiách mali zásadný podiel pracovníci Ústavu krajinnnej ekológie SAV. Bohato ilustrované knihy s odborným textom spríjemnia čítanie v obidvoch knihách. Aj takouto formou sa môžu dostať poznatky vedeckého výskum k širšej odbornej i laickej verejnosti.

Redakcia

## HLAVNÁ REDAKTORKA

### EDITOR-IN-CHIEF

prof. RNDr. Tatiana Hrnčiarová, CSC.

## HLAVNÍ EXREDAKTORI

### PAST EDITORS-IN-CHIEF

Dr. h. c. prof. RNDr. Milan Ružička, DrSc. (1967 – 1976)

doc. Ing. Ludovít Weismann, DrSc. (1977 – 1990)

Dr. h. c. prof. RNDr. Milan Ružička, DrSc. (1991 – 2007)

## PRESEDA REDAKČNEJ RADY

### CHAIRMAN OF EDITORIAL BOARD

Dr. h. c. prof. RNDr. Milan Ružička, DrSc.

## REDAKČNÁ RADA

### EDITORIAL BOARD

Dr. habil. Olaf Bastian, [olaf.bastian@web.de](mailto:olaf.bastian@web.de)

Úrad ochrany prírody mesta Drážďany • Nature Conservation Authority of the City of Dresden, Drážďany

prof. Dr. Péter Csorba, [geonextcsorba@gmail.com](mailto:geonextcsorba@gmail.com)

Debrecínska univerzita • University of Debrecen, Debrecín

prof. RNDr. Pavol Eliáš, CSC., [pavol.elias@uniag.sk](mailto:pavol.elias@uniag.sk)

Slovenská poľnohospodárska univerzita • Slovak University of Agriculture, Nitra

prof. RNDr. Juraj Hreško, PhD., [jhresko@ukf.sk](mailto:jhresko@ukf.sk)

Univerzita Konštantína Filozofa • Constantine The Philosopher University, Nitra

prof. RNDr. Tatiana Hrnčiarová, CSC., [tatiana.hrnciarova@savba.sk](mailto:tatiana.hrnciarova@savba.sk)

Slovenská akadémia vied • Slovak Academy of Sciences, Bratislava

prof. RNDr. Vladimír Ira, CSC., [geogira@savba.sk](mailto:geogira@savba.sk)

Slovenská akadémia vied • Slovak Academy of Sciences, Bratislava

doc. RNDr. Zita Izakovičová, PhD., [zita.izakovicova@savba.sk](mailto:zita.izakovicova@savba.sk)

Slovenská akadémia vied • Slovak Academy of Sciences, Bratislava

Mgr. Henrik Kalivoda, PhD., [henrik.kalivoda@savba.sk](mailto:henrik.kalivoda@savba.sk)

Slovenská akadémia vied • Slovak Academy of Sciences, Bratislava

RNDr. Jozef Klinda, [jozef.klinda@gmail.com](mailto:jozef.klinda@gmail.com)

Bratislava

doc. RNDr. Jaromír Kolečka, CSC., [kolejka@ped.muni.cz](mailto:kolejka@ped.muni.cz)

Masarykova univerzita • Masaryk University, Brno

prof. Mgr. Juraj Ladomerský, CSC., [jladomersky@yahoo.co.uk](mailto:jladomersky@yahoo.co.uk)

Univerzita Mateja Bela • Matej Bel University, Banská Bystrica

prof. RNDr. Milan Lapin, CSC., [lapin@fmph.uniba.sk](mailto:lapin@fmph.uniba.sk)

Univerzita Komenského • Comenius University, Bratislava

doc. RNDr. Zdeněk Lipský, CSC., [lipsky@natur.cuni.cz](mailto:lipsky@natur.cuni.cz)

Univerzita Karlova • Charles University, Praha

Dr. h. c. prof. RNDr. László Miklós, DrSc., [miklos@tuzvo.sk](mailto:miklos@tuzvo.sk)

Technická univerzita • Technical University, Zvolen

Ing. Július Oszlányi, CSC., [julius.oszlanyi@savba.sk](mailto:julius.oszlanyi@savba.sk)

Slovenská akadémia vied • Slovak Academy of Sciences, Bratislava

Dr. h. c. prof. RNDr. Milan Ružička, DrSc., [mruzicka@ukf.sk](mailto:mruzicka@ukf.sk)

Univerzita Konštantína Filozofa • Constantine The Philosopher University, Nitra

Dr. h. c. prof. Ing. Ján Supuka, DrSc., [jan.supuka@uniag.sk](mailto:jan.supuka@uniag.sk)

Slovenská poľnohospodárska univerzita • Slovak University of Agriculture, Nitra

doc. Ing. Jan Těšitel, CSC., [jtesitel@zf.jcu.cz](mailto:jtesitel@zf.jcu.cz)

Jihočeská univerzita • University of South Bohemia, České Budějovice

## REDAKTORKA

### EXECUTIVE EDITOR

Mgr. Eva Kenderessy, PhD., [zivotne.prostredie@savba.sk](mailto:zivotne.prostredie@savba.sk)

## POKYNY PRE AUTOROVI

### INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

<http://147.213.211.222>

Časopis Životné prostredie je evidovaný v:  
The *Životné prostredie* journal is indexed in:



**Životné prostredie** je recenzovaný časopis, zameraný na aktuálne teoreticko-metodologické a praktické otázky krajinnokoekologického a environmentálneho výskumu. Vychádza 4-krát ročne a publikuje články v slovenskom, českom, prípadne anglickom jazyku s anglickým abstraktom. Uverejňuje pôvodné vedecké práce základného a aplikovaného výskumu, diskusné príspevky, aktuality, informácie o konferenciách a recenzie kníh. V súlade s požiadavkami otvoreného prístupu (Open Access) k výsledkom vedeckej a výskumnej činnosti je obsah časopisu *Životné prostredie* voľne prístupný na svojej webovej stránke <http://147.213.211.222/>.

*Životné prostredie (The Environment)* is a peer-reviewed journal focusing on the current theoretical, methodological and practical issues of landscape ecological and environmental research. The journal is published four times a year in Slovak, Czech or English language with an English abstract. The scope of the journal includes published original scientific works in basic and applied research, discussion papers, news, information on conferences and book reviews. To provide Open Access to online research outputs, the *Životné prostredie* journal is freely available on its website <http://147.213.211.222/>.

## Redakcia a vydavateľ • Editorial Office and Published by

Ústav krajinej ekológie Slovenskej akadémie vied

Institute of Landscape Ecology, Slovak Academy of Sciences

Štefánikova 3, P. O. Box 254, 814 99 Bratislava

Tel.: +421 2 2092 0318, e-mail: [zivotne.prostredie@savba.sk](mailto:zivotne.prostredie@savba.sk)

<http://147.213.211.222>

IČO: 00679119

Dátum vydania: september 2018

## Objednávky a distribúcia časopisu • Distributed by Slovenská republika • Slovak Republic • L. K. Permanent, s. r. o., Poštový priečinok 4, 834 14 Bratislava 34, e-mail: [skardova@lkpermanent.sk](mailto:skardova@lkpermanent.sk) • Slovenská pošta, a. s., každé stredisko, e-mail: [predplatne@sposta.sk](mailto:predplatne@sposta.sk)

**Zahraničie • Abroad** • Slovenská pošta, a. s., Stredisko predplatného tlače, Uzbecká 4, P. O. Box 164, 820 14 Bratislava, e-mail: [predplatne@sposta.sk](mailto:predplatne@sposta.sk) • SLOVART-G. T. G., Ltd., Krupinská 4, P. O. Box 152, 852 99 Bratislava, e-mail: [info@slovart-gtg.sk](mailto:info@slovart-gtg.sk)

**Česká republika • Czech Republic** • A. L. L. Production, s. r. o., P. O. Box 732, 111 21 Praha, Česká republika, e-mail: [predplatne@predplatne.cz](mailto:predplatne@predplatne.cz)

## Monotémy na rok 2018 • Monothemes for 2018

1. Zelená infraštruktúra • Green Infrastructure
2. Pohyb v krajine • Motion in the Landscape
3. Environmentálne technológie • Environmental Technologies
4. Krajina ako kultúrny fenomén • Landscape as a Cultural Phenomenon

## Obrázky na obálke • Pictures on the Cover

- Strana • page 1 Ako si poradia environmentálne technológie so skládkou lúženca (odpadového produktu pri výrobe niklu), ktorá už dlhé roky znepriemernuje prostredie obyvateľom Serede a okolia? Jej spracovanie sa javí perspektívne (jún 2008). Foto: Martin Boltžiar
- Strana • page 2 Jeseň v štiavnických vrchoch (2017). Foto: Barbora Šatalová
- Strana • page 3 Obálky monografií k článku na str. 191 (dole)
- Strana • page 4 Ťažba štrkopieskov v Ipeľskej nive, v pozadí sopečné pohorie Börzsöny v Maďarsku. V okolí rybníkov hniezdia brehule a včeláriky (2016). Foto: Stanislav David

## Monotematickú časť zostavili • Monothematic Part Compiled by

prof. Mgr. Juraj Ladomerský, CSC., prof. Dr. h. c. prof. RNDr. László Miklós, DrSc.